



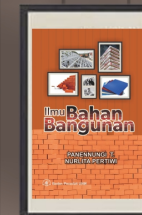
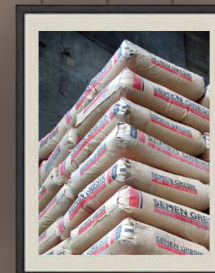
Panennungi T, lahir di Sengkang Provinsi Sulawesi Selatan 21 September 1958. Menyelesaikan pendidikan program Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Sipil FPTK-IKIP Ujung Pandang tahun 1984. Tahun 1986 diangkat menjadi dosen tetap pada Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan FPTK-IKIP Ujung Pandang (kini UNM Makassar); tahun 2002 menyelesaikan program pascasarjana (S2) Jurusan Teknik Arsitektur Universitas Hasanuddin Makassar. Jabatan fungsional adalah Lektor Kepala dalam mata kuliah Ilmu Ukur Tanah. Matakuliah yang diampu adalah Ilmu Ukur Tanah, Ilmu Bahan Bangunan, Praktik Batu dan Beton, Fisika Bangunan, dan beberapa matakuliah kependidikan.

Penataran dan pelatihan yang pernah diikuti adalah penataran keterampilan teknik di IKIP Yogyakarta tahun 1989, Skill Teknologi di IKIP Jakarta tahun 1990, pelatihan instruktur dosen politeknik di Politeknik Negeri Bandung tahun 1998, dan up grading program S1 Jurusan Teknik Arsitektur di Universitas Hasanuddin Makassar tahun 1999.



Nurlita Pertiwi, lahir di Palembang tanggal 2 April 1969. Sarjana Teknik Sipil pada Universitas Hasanuddin tahun 1992 dan gelar magister teknik pada bidang teknik sipil di Universitas Hasanuddin tahun 2003. Gelar doktor bidang pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan pada Institut Pertanian Bogor tahun 2011. Penulis adalah pengajar pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Bangunan dan D3 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Penulis telah menulis buku tentang bahan bangunan dengan judul buku Green Concrete. Selain itu, penulis juga aktif ikut serta pada seminar nasional dan internasional serta, menulis pada jurnal internasional.

**PANENNUNGI T.
NURLITA PERTIWI**



Ilmu Bahan Bangunan

Panennungi T. | Nurlita Pertiwi

Ilmu Bahan Bangunan



Badan Penerbit UNM

UPT Badan Penerbit UNM

Alamat: Gedung Perpustakaan Lt.1 Kampus Gunung Sari Baru
Jl. Raya Pendidikan 90222 Telepon: (0411) 865677 / Fax: (0411) 861377
Email: badanpenerbitunm@gmail.com

ISBN 978-602-5554-20-9



9 786025 554209



Badan Penerbit UNM

ILMU BAHAN BANGUNAN

**PANENNUNGI T.
NURLITA PERTIWI**



Badan Penerbit UNM

ILMU BAHAN BANGUNAN

Hak Cipta @ 2018 oleh Panennungi T. & Nurlita Pertiwi

Hak cipta dilindungi undang-undang
Cetakan Pertama, 2018
Cetakan Kedua, 2019

Diterbitkan oleh Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar
Gedung Perpustakaan Lt. 1 Kampus UNM Gunungsari
Jl. Raya Pendidikan 90222
Tlp./Fax. (0411) 865677 / (0411) 861377

ANGGOTA IKAPI No. 011/SSL/2010
ANGGOTA APPTI No. 006.063.1.10.2018

Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit

**ILMU BAHAN BANGUNAN/
Panennungi T. & Nurlita Pertiwi - cet.2**

Makassar: Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar
Makassar 2018
177 hlm; 23 cm

ISBN 978-602-5554-20-9

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan YME atas segala karunia dan ridhoNya sehingga buku pegangan untuk mata kuliah ilmu Bahan Bangunan dapat diselesaikan. Buku ini merupakan buku ajar mata kuliah Ilmu Bahan Bangunan pada Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan (S1) Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.

Buku pegangan ini berisi uraian tentang pendahuluan, sifat-sifat bahan bangunan, bahan perekat hidrolis, beton, bekisting beton bertulang, bahan bangunan pembentuk dinding, bahan penutup atap, kayu bangunan, dan bahan bangunan logam. Dengan uraian tersebut, mahasiswa diharapkan dapat memahami berbagai syarat mutu, spesifikasi, serta produk bahan bangunan yang banyak digunakan oleh masyarakat.

Dalam kesempatan ini, tidak lupa pula kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan buku ajar ini baik secara langsung maupun dan tidak langsung. Semoga apa yang kita kerjakan bernilai pahala di sisi Tuhan YME.

Kami menyadari bahwa uraian dalam buku ajar ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat kami harapkan.

Akhir kata, semoga buku ajar ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, 20 Maret 2018

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
A. Pengertian Bahan Bangunan.....	1
B. Hubungan Antara Bahan Bangunan dan Ekonomi Bangunan.....	2
C. Penggolongan Bahan Bangunan Secara Ekologis.....	3
D. Kerusakan Bahan Bangunan.....	4
 BAB II SIFAT-SIFAT BAHAN BANGUNAN.....	 5
A. Sifat-sifat Fisik (Phisical Properties).....	5
B. Sifat-sifat Mekanis (Mechanical Properties).....	16
C. Sifat-sifat Kimiawi.....	27
D Sifat-sifat Khusus (Special Properties).....	31
 BAB III BAHAN PEREKATHIDROLOIS.....	 33
A. Kapur.....	33
B. Semen Portland.....	40
 BAB IV BETON.....	 53
A. Definisi Beton.....	53
B. Sifat-sifat Beton.....	54
C. Jenis-jenis Beton.....	60
D. Kelas dan Mutu Beton.....	62
E. Bahan – Bahan Pembentuk Beton.....	63
F. Perencanaan Campuran Beton.....	75
G. Pengecoran Beton.....	76
H. Pemadatan Beton.....	76

I. Perawatan Beton.....	77
J. Pengukuran Kuat Tekan Beton.....	78
K. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design).....	83
BAB V BEKESTING BETON BERTULANG.....	85
A. Bekesting.....	85
B. Bahan Pembuatan Bekesting.....	86
BAB VI BAHAN BANGUNAN PEMBENTUK	
DINDING.....	91
A. Batu Bata.....	91
B. Conblock.....	100
C. Bataco.....	103
BAB VII BAHAN PENUTUP ATAP.....	107
A. Genteng.....	107
B. Seng.....	116
BAB VIII KAYU BANGUNAN.....	121
A. Sifat-sifat Kayu.....	125
B. Pengeringan Kayu.....	126
C. Kayu Dalam Perdagangan.....	127
D. Pengawetan Kayu.....	129
E. Produk Kayu Olahan.....	139
BAB IX BAHAN BANGUNAN LOGAM.....	147
A. Besi dan Baja.....	147
B. Baja Canaian.....	149
C. Baja Tulangan.....	149
D. Tembaga.....	157
E. Aluminium.....	158
F. Rangka Atap Baja Ringan.....	160
DAFTAR PUSTAKA.....	165

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Hubungan Bahan Bangunan dan Ekonomi Bangunan.....	2
2.1 Gaya Tekan.....	17
2.2 Gaya Tarik.....	17
2.3 Semen Portland dan Kayu.....	18
2.4 Beban Satu Titik.....	18
2.5 Beban Dua Titik.....	18
2.6 Ilustrasi Gaya/Tegangan Lentur.....	18
2.7 Gaya Geser pada Sambungan.....	20
2.8 Pengukuran Kekerasan Cara Brinnell.....	24
3.1 Proses Fabrikasi Semen (Cara Basah).....	43
3.2 Proses Fabrikasi Semen (Cara Kering).....	44
4.1 Daerah Gradasi Pasir Kasar.....	67
4.2 Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar.....	67
4.3 Daerah Gradasi Pasir Halus.....	68
4.4 Daerah Gradasi Pasir Agak Halus.....	68
4.5 Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 40 mm.....	71
4.6 Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 30 mm.....	71
4.7 Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 20 mm.....	72
4.8 Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 10 mm.....	72
4.9 Hammer Test.....	82

4.10 Formulir Rancangan Campuran Beton.....	84
6.1 Pengujian Ukuran dan Tampak Luar.....	96
6.2 Ukuran Conblock.....	100
6.3 Ukuran Batako.....	104
7.1 Genteng Biasa.....	108
7.2 Genteng Press Kodok.....	108
7.3 Genteng Beton.....	111
7.4 Pengujian Ketahanan Terhadap Rembesan Air.....	115
7.5 Bentuk dan Ukuran Baja Berlapis Seng Gelombang.....	117
7.6 Bentuk Seng.....	118
8.1 Cara Pengawetan Kayu.....	136
8.2 Mengkresot.....	136
8.3 Proses Burnett.....	137
8.4 Proses Kijanisasi.....	138
8.5 Proses Wolman.....	138
8.6 Berbagai Konstruksi Kayu Lapis.....	141
9.1 Proses Pembentukan Besi Cor, Besi dan Baja.....	147
9.2 Baja Profil I.....	149
9.3 Baja Profil L.....	149
9.4 Penggilasan Yang Tidak Modern.....	150
9.5 Slit Rolling.....	150
9.6 Baja Bulat Polos Biasa.....	152
9.7 Baja Beton Deform.....	152
9.8 Baja Tor.....	152

9.9 Sambungan Las Baja Tulangan.....	156
9.10 Contoh Atap.....	161

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Jenis dan Ukuran Pori.....	8
2.2 Harga Konduktivitas Termis dari Beberapa Bahan Bangunan.....	14
2.3 Standar Mineral Menurut Sifat, Derajat Kekerasan Dan Jenisnya.....	22
2.4 Alat-alat Penguji Kekerasan.....	22
2.5 Perbedaan-perbedaan pada Rockwell dan Brinell.....	25
2.6 Skala Kekerasan Mohs (Scale Of Hardness).....	25
2.7 Beberapa Jenis Asam-Asam, Basa dan Garam.....	30
3.1 Syarat Kapur Untuk Bahan Bangunan.....	38
3.2 Susunan Oksida.....	42
3.3 Susunan Senyawa di dalam Semen.....	45
3.4 Sifat Senyawa Semen Portland.....	46
4.1 Hubungan Tingkat Workabilitas, Nilai Slump dan Tingkat Kepadatan Adukan.....	55
4.2 Perbandingan Kuat Tekan Antara Silinder dan Kubus.....	58
4.3 Daftar Kelas dan Mutu Beton.....	63
4.4 Batas gradasi Agregat Halus (BS).....	66
4.5 Syarat Agregat Kasar.....	70
6.1 Ukuran Bata Merah Standar.....	93
6.2 Penyimpangan Ukuran Maksimum.....	94
6.3 Kuat Tekan Rata-Rata dan Koefisien Variasi.....	94
6.4 Ukuran dan Toleransi Conblock.....	101

6.5 Syarat Physis Conblock.....	101
6.6 Persyaratan Fisik Batako.....	104
7.1 Kekuatan Lentur Genteng.....	110
7.2 Ukuran Genteng dalam Perdagangan.....	111
7.3 Tebal Genteng dan Penggunaan Bahan.....	112
7.4 Kekuatan Lentur Genteng Beton.....	113
7.5 Komposisi Kimia Logam Dasar.....	116
7.6 Toleransi dan Ukuran Baja Berlapis	
Seng Gelombang.....	116
7.7 Berat Minimum Lapisan Seng.....	117
7.8 Seng Berbentuk Plat Dasar atau Gelombang	
Menurut Ukuran BWG.....	119
7.9 Ukuran Diameter Kawat dan Paku Menurut	
Ukuran BMG.....	120
8.1 Modulus Kenyal (E) Kayu Sejajar Serat.....	122
8.2 Tegangan yang Diperkenankan Untuk	
Kayu Mutu A.....	123
8.3 Kelas Kuat Kayu.....	123
8.4 Persyaratan Kayu Struktural.....	124
8.5 Persyaratan Kayu Non Struktural.....	125
8.6 Daftar Kayu Dalam Perdagangan.....	128
8.7 Persyaratan Ukuran Kayu Bangunan	
Untuk Semua Golongan.....	129
8.8 Kelas Keawetan Kayu.....	130
8.9 Penggolongan Kayu Menurut Kelas Awetnya.....	131
8.10 Penggolongan Bahan Pengawetan.....	132

8.11 Beberapa Bahan Pengawet Kayu Yang Beredar Di Pasaran.....	133
9.1 Sifat – Sifat Mekanis Baja Tulangan.....	153
9.2 Penyimpangan Yang Diizinkan Untuk Panjang Batang.....	154
9.3 Penyimpanan/Toleransi Yang Diizinkan Untuk Massa Teoritis Per Panjang.....	154
9.4 Penyimpangan Yang Diizinkan Untuk Berat Teoritis Seluruh Partai.....	155
9.5 Penyimpanan Yang Diizinkan dari Diameter Nominal.....	155
9.6 Nama Dagang, Campuran dan Penggunaan Tembaga.....	157
9.7 Jenis dan Ukuran Aluminium.....	158
9.8 Aluminium Campuran Yang Dapat Dicor.....	159
9.9 Aluminium Campuran Yang Dapat Digilas Atau Ditarik.....	159

BAB I

PENDAHULUAN

A. Pengertian Bahan Bangunan

Bahan bangunan adalah bahan yang dipakai untuk membuat barang bangunan atau bahan yang memberikan sifat-sifat tertentu di dalam teknik bangunan, dalam arti yang luas.

Bahan bangunan adalah semua bahan-bahan baik sebagai bahan pokok maupun penolong yang diperlukan untuk membangun suatu bangunan tertentu.

Bahan bangunan tersebut di atas termasuk berbagai jenis kayu dan bambu, berikut barang-barang yang dibuat daripadanya seperti : papan jati, plywood gedek, dan lain-lain. Berbagai macam bahan galian dan barang-barang dibuat daripadanya seperti batu kapur, tras, tanah liat dan lain-lain.

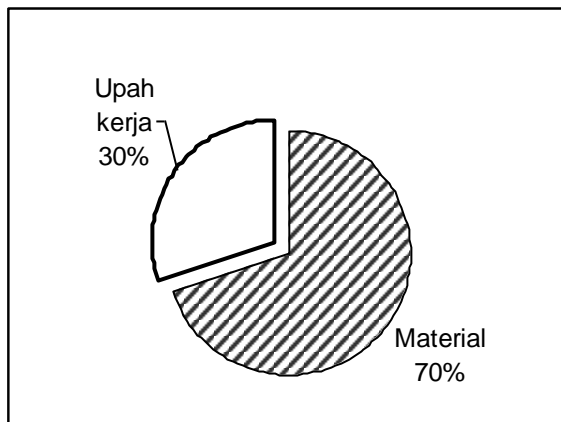
Bahan-bahan yang dibuat dari logam seperti paku, besi, besi konstruksi, lembaran seng, dan lain-lain. Barang-barang yang memberikan sifat tertentu dan suara seperti lembaran asbes lantai karet dan lain-lain. Berbagai cat yang fungsinya sebagai pelindung dan pemberi warna.

Penggunaan bahan bangunan secara maksimal dapat diketahui melalui sifat material, tampilan fisik, dan durabilitasnya. Sifat material ditentukan oleh sifat fisik, sifat mekanis, kimiawi, dan sifat khusus. Tampilan fisik ditentukan oleh ukuran dan durabilitasnya dipengaruhi oleh perubahan material akibat penggunaannya, lama pemakaian, keadaan lingkungan, kondisi penggunaan, dan perawatan.

Perbedaan bahan bangunan dengan bahan industri adalah bahan-bahan yang dipakai untuk membuat bangunan disebut bahan bangunan, sedangkan bahan-bahan yang digunakan sebagai bahan baku industri disebut bahan industri. Misalnya bahan kayu digunakan untuk bangunan adalah bahan bangunan, digunakan sebagai bahan baku pembuatan disebut bahan industri.

B. Hubungan Bahan Bangunan dan Ekonomi Bangunan

Bahan bangunan sangat penting artinya dalam ekonomi bangunan, misalnya biaya sebuah bangunan. Sedangkan biaya upah kerja hanya berkisar 20 – 30% dari jumlah biaya. Dengan pengetahuan bahan bangunan, dapat dilakukan perbaikan mutu bahan dan pengembangan bahan-bahan baru, dapat menghemat biaya bangunan dengan memilih/menggunakan bahan bangunan secara tepat.



Gambar 1.1
Hubungan Bahan Bangunan dan Ekonomi Bangunan
(Yusmin Mulyadi, 2002:1)

C. Penggolongan Bahan Bangunan secara Ekologis

Bahan bangunan menurut bahannya dibagi dalam dua golongan:

1. Bahan bangunan organis, seperti kayu, bambu dan lain-lain
2. Bahan bangunan yang merupakan bahan-bahan anorganis (kecuali bitumen aspal, minyak bumi dan sebagainya termasuk bahan organis)

Bahan bangunan menurut penggunaannya dapat digolongkan sebagai berikut:

1. Bahan bangunan untuk konstruksi gedung
2. Bahan bangunan untuk konstruksi jalan
3. Bahan bangunan untuk instalasi listrik dan air
4. Bahan bangunan untuk akustik dan isolasi panas
5. Bahan bangunan untuk dekorasi dan interior

Penggolongan bahan bangunan secara ekologis dibagi atas:

1. Bahan bangunan yang dapat dibudidayakan kembali adalah bahan nabati seperti kayu, rotan, rumbia, alang-alang, serabut kelapa, ijuk, kulit kayu, kapas, kapuk, dan lain-lain. Dan kemudian bahan hewani seperti kulit binatang, wol dan sebagainya.
2. Bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali adalah bahan bangunan yang tidak dapat dihasilkan lagi, tetapi dengan memperhatikan kebutuhan, bahan tersebut dengan persiapan khusus dapat digunakan lagi seperti tanah, tanah liat, lempung, tras, kapur, batu kali, batu alam dan sebagainya.
3. Bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali adalah bahan bangunan yang didapat dari limbah, potongan, sampah, ampas dan sebagainya dari perusahaan industri dalam bentuk bahan bungkusan (misal kaleng atau botol), mobil bekas, ban mobil bekas, serbuk kayu, potongan bahan sintesis, kaca, seng, slag dan sekam atau bermacam-macam kain.
4. Bahan bangunan alam yang mengalami perubahan transformasi sederhana adalah bahan bangunan yang

- disediakan secara industrial seperti batu buatan (batu merah) dan genting (genting tanah liat).
5. Bahan bangunan yang mengalami beberapa tingkat perubahan transformasi adalah bahan bangunan seperti plastik dan bahan sintetis.
 6. Bahan bangunan komposit merupakan bahan bangunan yang tercampur menjadi satu kesatuan yang tidak dapat dibagi-bagi lagi sebagai bagian bangunan seperti beton bertulang, plat serat semen, beton komposit, cat kimia, perekat dan dempul.

D. Kerusakan Bahan Bangunan

Bahan bangunan dapat mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh beberapa pengaruh tertentu. Pengaruh tersebut dapat berupa:

1. Pengaruh air
Kapasitas bahan untuk menampung air atau absorpsi sangat terbatas sehingga jika jumlah air yang ada di lingkungan bahan sangat besar, maka akan terjadi kerusakan material.
2. Pengaruh panas
Pengaruh radiasi sinar matahari, pemanasan atau perubahan suhu yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya perubahan bentuk bahan.
3. Pengaruh api
Bahan bangunan mempunyai daya tahan yang relatif kecil terhadap serangan api, kecuali yang dilengkapi dengan *fire protections*.
4. Pengaruh suara
Suara yang sangat keras akan menyebabkan getaran dan secara tidak langsung mempengaruhi sifat bahan.
5. Pengaruh alam
Adanya zat kimia di lingkungan sekitar bahan akan merusak kondisi material. Demikian juga pengaruh gerakan alami seperti angin, ombak, dan sebagainya.

BAB II

SIFAT-SIFAT BAHAN BANGUNAN

Jikalau mempergunakan suatu jenis bahan bangunan untuk suatu konstruksi, maka akan mendapatkan keuntungan sebesar-besarnya apabila diketahui sifat-sifat atau ciri-ciri dari bahan bangunan yang bersangkutan.

Sifat-sifat suatu jenis bahan bangunan yang penting dapat digolongkan atas sifat fisik, sifat mekanis, sifat kimiawi dan sifat khusus.

A. Sifat – Sifat Fisik (*Physical Properties*)

Sifat-sifat fisik (*physical properties*) dari bahan bangunan seperti:

1. Berat jenis (*specific gravity* = γ (**Gamma**))

Berat jenis adalah berat satuan volume (volume disini tidak terhitung rongga-rongga udara atau pori-pori).

$$\gamma = \frac{G}{V_a} = g / cm^3 \dots\dots\dots 1.$$

γ = berat jenis (b.d.)

G = berat kering dari bahan

V_a = volume yang ditempati oleh bahan (g) tanpa pori-pori atau ruang-ruang udara (volume absolute, volume bahan padat = solid volume)

Air pada umumnya hampir tidak mengandung ruang-ruang udara, jadi volume sejumlah air tertentu merupakan volume absolutnya, bilamana air itu murni dan bebas dari

bahan-bahan yang mengambang. Untuk membandingkan berat jenis bahan, dipergunakan suatu skala yang diambil berat jenis air = 1. Berat jenis diperlukan untuk menghitung porositas (*porosity*) dan densitas (*density*), sifat-sifat mana yang biasanya diperlukan dalam praktek.

2. Berat volume = *volume weight* = γ_0

Berat volume adalah berat dari satuan volume dalam keadaan dimana volumenya termasuk juga pori-porinya.

$$\gamma_0 = \frac{G}{V_1} = g/cm^3 \dots\dots\dots \text{Pers 2.}$$

Berat volume biasanya lebih kecil dari berat jenis, kecuali pada benda-benda yang sungguh-sungguh rapat seperti gelas, cairan dan sebagainya adakalanya harga berat jenisnya sama dengan berat volume. Dalam praktek berat volume dari bahan bangunan sangat perlu diketahui, sebab hal ini perlu diketahui pada waktu menghitung kekuatan struktur bangunan dengan memperhatikan berat beban yang dikerja pada struktur bangunan tersebut. Juga dalam transport bahan bangunan, berat volume bahan bangunan perlu diketahui untuk menentukan luas ruang dan kapasitas angkut dari equipment transport.

3. Kerapatan atau densitas (*density*) = ρ (*rho*)

Kerapatan dari suatu bahan didefinisikan sebagai massa/satuan volume. Andaikan bahan dalam keadaan asalnya, dimana terdapat pori-pori mempunyai volume V_1 dan volumenya dalam keadaan padat betul yang tentunya lebih kecil kita sebut V_a (*volume absolut*), maka densitas dari bahan tersebut adalah V_a / V_1 . Dari rumus 1 dan rumus 2 kita ketahui:

$V_a = G/\gamma$ dan $V_1 = G/\gamma_0$
Maka kerapatan adalah :

$$\rho = \frac{V_a}{V_1} = \frac{G/\gamma}{G/\gamma_0} = \frac{\gamma_0}{\gamma} \dots\dots\dots \text{Pers 3.}$$

Kerapatan dapat juga dinyatakan dalam persentase:

$$\rho = \gamma_0 / \gamma \times 100 \% \dots\dots\dots (3a)$$

Kerapatan dari hampir semua bahan bangunan adalah lebih kecil dari 100 %. Hal ini disebabkan adanya pori-pori dalam bahan tersebut.

4. Porositas (*porosity*) = P_0

Porositas dari suatu bahan adalah ratio (perbandingan volume pori-pori dengan volume total dari bahan tersebut)

$$\rho_0 = \frac{V_1 - V_a}{V_1} = \frac{V_1}{V_1} - \frac{V_a}{V_1}$$

$$\rho_0 = 1 - \frac{V_a}{V_1} = 1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \dots\dots\dots (4)$$

atau

$$\rho_0 = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \right) 100\% \dots\dots\dots (4a)$$

Berdasarkan ukuran pori-pori udara bahan-bahan dibagi atas:

Tabel 2.1 Jenis dan Ukuran Pori

Jenis bentuk Pori	Ukuran Pori-porinya
Berpori halus	0,01 – 0,001 mm
Berpori kasar	0,1 – 2 mm
Gembur	> 2 mm

Sumber : Yusmin Mulyadi, 2002:4

Densitas dan porositas dari bahan-bahan perlu diketahui sebab sifat-sifat tersebut erat hubungannya dengan sifat-sifat bahan lainnya yang penting seperti kekuatan, sifat absorpsi air, permeabilitas, hantaran panas, dan lain lain. Bangunan yang harus memiliki kedap air seharusnya dibangun dari bahan yang memiliki densitas yang tinggi, bangunan yang memerlukan konduktivitas panas (hantaran panas) yang rendah seharusnya dibangun dari bahan-bahan yang pori-porinya halus, yang memiliki konduktivitas panas yang rendah pula dan sebagainya.

Porositas dari bahan bangunan sangat berbeda-beda mulai dari 0–90%. (baja, gelas porositasnya 0%, plat yang dibuat dari mineral wool porositasnya 90%).

5. Absorpsi Air = *water absorption* = penyerapan air

Absorpsi Air definisi adalah ukuran banyaknya air yang dapat memenuhi volume suatu bahan. Absorpsi air ini ditentukan sebagai perbedaan antara berat dari bahan dalam keadaan jenuh air (G2) dengan beratnya dalam keadaan absolut kering (G1).

Penambahan berat akibat absorpsi dinyatakan sebagai % berat dari berat kering bahan.

$$B_w = \frac{G_2 - G_1}{V_1} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Perbandingan Bv dan Bw :

$$\frac{B_v}{B_w} = \frac{\frac{G_2 - G_1}{V_1}}{\frac{G_2 - G_1}{G_1}} = \frac{G_1}{V_1} = \gamma_o$$

Jadi $B_v = B_w \cdot \gamma_o$

Absorpsi air dari bahan bangunan ada yang melebihi 100% terutama bahan-bahan yang porous, misalnya batu bata absorpsi air rata-rata 8 –20%.

Beton ± 3%, granite dari 0,5 – 0,7%. Bahan waterproof : boruline; tegel keramik 2%; metalizole = 0,1%

6. Softening coefficient (Sc)

Softening coefficient adalah rasio dari kekuatan sesuatu bahan dalam keadaan jenuh air (Tw) dengan kekuatannya dalam keadaan kering (Td).

$$Sc = \frac{T_w}{T_d} \dots\dots\dots (6)$$

Koefisien ini perlu diketahui untuk mengetahui daya tahan airnya (*water resistance*) selama dalam pemakaian. Harga Sc ini berubah-ubah mulai dari 0 (misalnya bata lempung yang belum dibakar) hingga sebesar 1, yaitu bahan-bahan yang kekuatannya tidak dipengaruhi oleh adanya air (misalnya gelas, baja dan bitumen). Bahan-bahan yang mengandung

batu, baik buatan maupun asli mempunyai harga S_c kurang dari 0,8 sebab itu kurang tahan terhadap pengaruh lembab.

Bahan-bahan yang harga S_c –nya lebih dari 0,8 termasuk bahan-bahan yang water resistance atau waterproof.

7. Kering udara = *Air drying*

Kering udara dimaksudkan suatu keadaan dimana bahan kehilangan/mengeluarkan airnya sesuai dengan kelembaban udara disekelilingnya (relative humidity).

8. Kadar air = *moisture content* = *The humidity* = $m.c$

Kadar air suatu bahan ialah ratio dari berat air yang ada di dalam bahan tersebut (G_w) dengan berat kering absolut (G)

$$m.c = \frac{G_w}{G} = x100\%$$

(7)

9. Permeabilitas terhadap air = *permeability to water*

Permeability terhadap air, dimaksudkan kesanggupan suatu bahan untuk membiarkan air melaluinya dengan suatu tekanan. Permeabilitas suatu bahan bangunan sangat tergantung pada sifat densitas dan strukturnya.

Derajat permeabilitas air dari suatu bahan dinyatakan dengan jumlah banyaknya air yang melalui penampang seluas 1 cm^2 , selama waktu satu jam pada suatu tekanan tertentu yang konstant.

10. Permeabilitas terhadap gas = (*gas permeability*)

Di definisikan sebagai kesanggupan suatu bahan untuk membiarkan gas (udara) melaluinya. Dalam hal yang permiable terhadap gas atau udara, adanya perbedaan tekanan menyebabkan terjadinya kebocoran, dan dalam beberapa hal keadaan tersebut tidak diinginkan. Volume gas yang melalui

lapisan suatu bahan berbanding langsung dengan luas dinding A, waktu aliran gas Z dan perbedaan tekanan (P1 –P2) dan berbanding terbalik dengan tebalnya dinding L.

$$V = \mu \frac{A(p_1 - p_2)z}{L} = (\text{liter})$$

.....(8)

μ = faktor permeabilitas gas

Harga faktor permeabilitas gas tersebut dapat ditentukan dari rumus 8.

$$\mu \frac{VL}{A(p_1 - p_2)z}$$

.....(9)

Bila	L	= 1 m
	A	= 1 m ²
	(p1-p2)	= 1 mm Hg.
	z	= 1 jam, maka kita akan memperoleh
		harga :

$\mu =V (\text{liter})$ (9a)

Jadi faktor permeabilitas gas adalah banyaknya gas (liter) melaui dinding seluas 1 m², tebalnya 1meter selama waktu 1 ja, dimana ada perbedaan tekanan sebesar 1 mm Kg.

Makin kecil berat jenis suatu gas, makin besar permeabilitas gas tersebut. Permeabilitas gas suatu bahan bukan saja dipengaruhi oleh porositas totalnya, tetapi juga oleh ukuran lain dan bentuk dari pori-pori tersebut. Permeabilitas gas bertambah besar bila pori-pori bahan tersebut lebih besar dan dimana ada hubungan antara pori-pori tersebut satu sama lain. Permeabilitas gas dari bahan-bahan sangat dipengaruhi oleh kadar air bahan tersebut. Beton yang kering mempunyai permeabilitas udara sebesar 0,04 sedangkan beton jenuh air praktis tidak permeabel. Permeabel gas dari dinding maupun elemen bangunan lainnya diperkecil dengan jalan memberinya

lapisan tipis (coating) dengan cat ataupun senyawa-senyawa bitumen dan juga dapat dilakukan dengan jalan memplesternya.

11. Efek terhadap panas

a. Konduktivitas panas = *heat conductivity*

Konduktivitas panas suatu bahan adalah kesanggupan bahan tersebut untuk menghantarkan panas secara konduksi. Hantaran panas terjadi disebabkan adanya perbedaan temperatur yang membatasi bahan.

Hal ini perlu diketahui untuk bahan bangunan, apabila bahan tersebut akan dipakai dalam instalasi pembangkit tenaga panas. Banyaknya panas (Q) yang melalui suatu dinding yang luasnya A dan tebalnya L, dimana temperatur disebelah menyebelah dinding t1 dan t2 oleh Fourir dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = \lambda \frac{A(t_1 - t_2)z}{L} = (kcal)$$

(10)

Dimana :

- Q = banyaknya panas (kcal)
- λ = konduktivitas ternis
- A = luas permukaan dinding (m²)
- t1 = temperatur dinding dimana panas masuk (°C)
- t2 = temperatur dinding dimana panas keluar (°C)
- L = tebal (m)
- g = waktu (jam)

Harga λ dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{QL}{A(t_1 - t_2)} = \text{kcal} / \text{m} \cdot \text{jam}^\circ \text{C}$$

Bila $L = 1 \text{ m}$, $A = 1 \text{ m}^2$, $(t_1 - t_2) = 1^\circ \text{C}$ dan $G = 1 \text{ jam}$, maka rumus 11 menjadi:

$$\lambda = Q \text{ (kcal)} \dots\dots\dots(11a)$$

Jadi dapat dikatakan bahwa konduktivitas termis adalah sebanding dengan jumlah panas dinyatakan dalam kg – cal, yang melalui suatu dinding seluas 1 m^2 dimana ada perbedaan temperatur di kedua sisi dinding sebesar 1°C selama 1 jam.

Hantaran panas dari bahan dipengaruhi oleh porositasnya, bentuk pori-pori, garis bahan, kadar air, bobot isi dan temperatur rata-rata dari transfer panas. Dalam bahan-bahan yang porous flux panas mengalir melalui bahan dan juga melalui pori-pori yang berisi udara. Konduktivitas dari udara sangat rendah (0,02) dan itulah sebabnya udara merupakan resistance termis yang besar terhadap aliran panas.

Konduktivitas termis bahan porous yang kering, besarnya berada diantara konduktivitas termis dari bahannya sendiri dan konduktivitas termis dari udara. Makin besar porositas, makin kecil bobot isi dan makin kecil konduktivitas termisnya. Konduktivitas termis dari bahan kering udara dapat dihitung dengan rumus dan berat volumenya:

Rumus empiris Prof. V.P. Wekranov:

$$\lambda = \sqrt{0,0196 + 0,222\gamma^2} - 0,14 = \text{kcal} / \text{m} \cdot \text{jam}^\circ \text{C} \dots\dots\dots(11b)$$

Hantaran panas sangat dipengaruhi oleh kadar air dari bahannya, sebab konduktivitas termis dari air $\lambda = 0,50$ jadi kira-kira 25 kali lebih besar dari harga λ udara. Dibawah ini dicantumkan harga λ dari berbagai bahan.

Tabel 2.2 Harga Konduktivitas Termis dari Beberapa Bahan Bangunan

Bahan (material)	Bobot isi g/cm ³ (volume weight)	Konduktivitas termis kcal/m. Jam ⁰ C
Kayu	0,8 – 0,448	0,172 – 0,092
Bata merah	1,9 – 1,7	0,7 – 0,6
Asbes sheet	0,7	0,18
Bata isolasi	2,0 – 1,6	1,1 – 0,72
Glas wool	0,15	0,035 – 0,043
Beton	2,0 – 2,4	1,10 – 1,3

Sumber : Yusmin Mulyadi, 2002:9

b. Kapasitas Panas = (*heat capacity*) = Q

Kapasitas panas didefinisikan sebagai sifat dari bahan untuk mengabsorbsi sejumlah besar panas apabila dipanaskan. Untuk memanaskan bahan seberat G kg dari temperatur t1 ke temperatur t2, maka diperlukan menyediakan panas sebesar Q yang berbanding langsung dengan berat dan perbedaan temperatur.

$$Q = c. G (t_2 - t_1) \text{ (kcal)}$$

.....(12)

c = panas jenis = *specific heat*

Dari rumus di atas diperoleh :

$$c = \frac{Q}{G(t_2 - t_1)} \text{ Kcal/kg}$$

.....(13)

Bila G = 1 kg dan t = 1°C maka kita peroleh:

$$c = Q \text{ (kcal) Dimana } t = (t_2 - t_1)$$

.....(13a)

Jadi panas jenis adalah sebanding dengan jumlah panas dinyatakan dalam kcal yang diperlukan untuk menaikkan temperatur 1 kg bahan sebanyak 1°C . Panas jenis dari bahan berupa batu (batu, bata merah, beton, dan lain lain) berada di sekitar 0,18 – 0,22.

Panas jenis kayu juga berbeda-beda tergantung dari jenis kayunya. Misalnya kayu Pinus panas jenisnya 0,65. Kapasitas panas diperlukan untuk checking stabilitas panas dari tembok dan ceilings (dalam penentuan kapasitas AC/alat pemanas dan lain lain).

c. Sifat Tahan Api = (*fire resistance*) / *resistance to fire*

Sifat tahan api adalah kesanggupan untuk bertahan tanpa mengalami kerusakan terhadap pengaruh temperatur tinggi dan air (sewaktu terjadi kebakaran). Sehubungan dengan sifat tahan apinya, bahan bangunan dibagi dalam tiga golongan:

- (1) (*Non-combustible material*), ialah bahan yang tidak akan dapat menyala ataupun mengarang oleh pengaruh api atau temperatur tinggi. Beberapa bahan yang non combustible, seperti bata merah, genteng mengalami sedikit perubahan, sedangkan bahan yang *non combustible* lainnya seperti batuan alam, granit misalnya akan rusak oleh pengaruh api atau temperatur tinggi.
- (2) (*Hardly combustible material*), dapat terbakar dan mengarang, tetapi dengan sangat sukar disebabkan karena temperatur yang tinggi, misalnya panel boart yang memakai semen sebagai bahan pengikat. Membaranya hanya berlangsung bila ada sumber api, dan apinya mati bila sumber tadi dipindahkan.
- (3) (*Combustible material*), bahan ini menyala bila dikenakan api atau temperatur tinggi dan terbakar terus meski sumber api sudah tidak berapi. Mudah menjalar serta menaikkan intensitas kebakaran terutama tergolong kedalamnya bahan bangunan organis misalnya kayu, plastik hard board dan lain-lain.

d. Fire Proof

Adalah sifat dari bahan mengenai daya tahannya terhadap pengaruh temperatur tinggi tanpa meleleh, bahan yang tergolong fire proof dibagi dalam tiga golongan :

- (1) *Refractory*, yaitu bahan-bahan yang tahan temperatur yang lebih dari pada 1,580 °C. Misalnya chamotte, dinas dan lain lain.
- (2) *High melting*, yaitu bahan-bahan yang tahan pengaruh temperatur dari 1,350 – 1,580°C. Misalnya clay.
- (3) *Low melting*, bahan yang tahan pengaruh temperatur yang lebih rendah dari 1,350°C. Misalnya clay, bata merah biasa.

12. Keawetan = *Durability*

Keawetan ialah mengenai sifat daya tahan bahan terhadap pengaruh atmosfir seperti perubahan temperatur dan humidity (kelembaban udara) dan juga daya tahan terhadap serangan-serangan organis seperti jamur-jamur dan serangga. Bahan bangunan organis misalnya (kayu) sangat perlu diperhatikan daya tahannya terhadap serangan jasad-jasad tadi. Kayu mempunyai daya tahan yang berbeda-beda terhadap serangan-serangan jamur dan insekta. Jati jauh lebih tahan dibandingkan dengan kayu meranti misalnya. Disamping itu, keawetan ini dapat diperoleh-diperbesar dengan jalan diberi bahan pengawet.

B. Sifat-Sifat Mekanis (*Mechanical Properties*)

1. Kekuatan = *strength*

Sifat dari bahan untuk menahan terjadinya kerusakan disebabkan pengaruh tegangan-tegangan yang timbul sebagai akibat dari adanya beban ataupun faktor-faktor lainnya. Pada suatu bangunan, bahan-bahan bangunan mengalami bermacam-macam beban berupa:

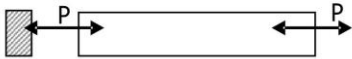
1. tegangan tekan (*compressive - stress*)
2. tegangan tarik (*tensile - stress*)

3. tegangan lentur (*bending - stress*)
4. tegangan geser (*shearing - stress*)

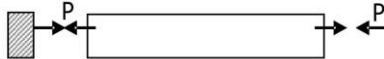
Batuan alam, beton dan bata mempunyai ketahanan yang baik terhadap tekanan, sedangkan ketahanannya terhadap tegangan geser sangat rendah dan lebih kecil lagi tegangan tariknya.

Tegangan tarik dari bahan-bahan tersebut adalah 10 – 15 kali lebih lemah dari kekuatan tekannya. Itulah sebabnya bahan tersebut baik dipakai dalam suatu konstruksi dimana bekerja beban-beban yang berupa tekanan (*compressive*).

1. Kuat tarik dan kuat tekan



Gambar 2.1. Gaya tekan.
(Addleson, 1972:96)



Gambar 2.2. Gaya tarik.
(Addleson , 1972:97)

Tegangan (τ) tekan atau tarik ditentukan sebagai berikut :

$$\tau = P / A \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots(14)$$

P = gaya (kg)

A = luas penampang tekan/tarik (cm²)

Kekuatan bahan-bahan bangunan biasanya ditentukan oleh kuat tekan atau kuat lenturnya. *Ultimate strenght* dimaksudkan sebagai tegangan yang terjadi dalam specimen (benda coba) pada pemberian beban hingga *specimen* tersebut hancur.

Kuat tekan atau kuat tarik adalah :

$\tau' = Pd/A \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

.....(15)

τ' = kuat tekan (compressive strenght)

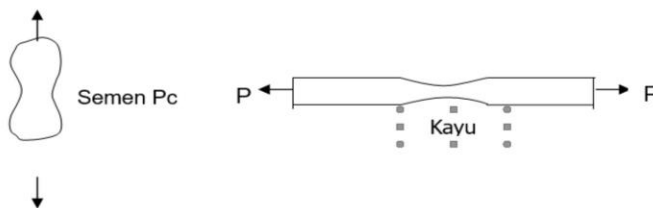
= kuat tekan (tensile strenght)

Pd = gaya dimana benda coba hancur

A = Luas penampang benda cobaan

Specimen-specimen untuk menentukan kuat tekan suatu bahan bangunan (seperti semen, campuran beton dan lain lain) dicetak dalam kubus-kubus yang ukurannya bermacam-macam, mulai dari 3 cm – 30 cm. Di Indonesia sering dipakai untuk beton yaitu kubus-kubus berukuran 15X15X15 cm³. adakalanya elemen bangunan seperti bata, batako diuji kuat tekannya dalam bentuk sesungguhnya, biasanya berbentuk prisma. Kuat tekan biasanya ditentukan *compression testing machine* yang bekerja secara hidrolis.

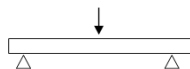
Untuk mengetahui kuat tarik suatu adukan, dipergunakan bentuk standar seperti gambar di bawah ini. Ukurannya dapat dilihat dalam buku-buku standar.



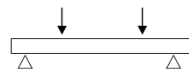
Gambar 2.3. Semen portland dan kayu
(Yusmin Mulyadi, 2002:12)

2. Kuat lentur dan kuat geser

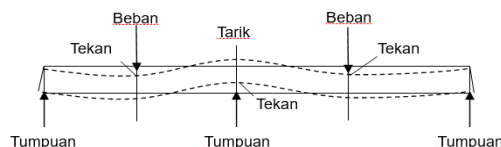
Adakalanya diperlukan angka kuat lentur dari bahan bangunan. Ini ditentukan dengan menentukan beban patahnya. Benda-benda coba ditumpu pada dua buah tumpuan, dan kemudian diberi beban pada satu atau dua buah titik hingga benda coba tersebut patah. Lihat gambar berikut :



Gambar 2.4. Beban satu titik.
(Yusmin Mulyadi, 2002:12)



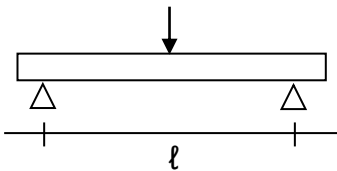
Gambar 2.5. Beban dua titik.
(Yusmin Mulyadi, 2002:12)



Gambar 2.6. Ilustrasi Gaya/Tegangan Lentur
(Lyll Addleson, 1972:91)

Tegangan lentur dari bahan-bahan bangunan ditentukan sebagai berikut

a. Beban pada satu titik (garis).



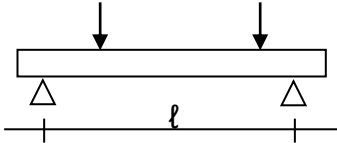
$$\tau_b = \frac{M}{W} = \frac{3Pl}{2bh^2} = (kg/cm^2) \dots\dots\dots(16)$$

τ_b = Tegangan lentur
 M = Momen lentur
 W = Momen tahanan dari penampang benda coba Untuk prisma :

$$W = \frac{bh^2}{6} \dots\dots\dots (17)$$

P = beban, kg
 L = bentang, cm.
 B = beban benda coba, cm
 h = tinggi

b. Beban pada 2 buah titik (garis) yang simetris.



$$\tau_b = \frac{3P(1-a)}{bh^2} = (kg/cm^2) \dots\dots\dots (18)$$

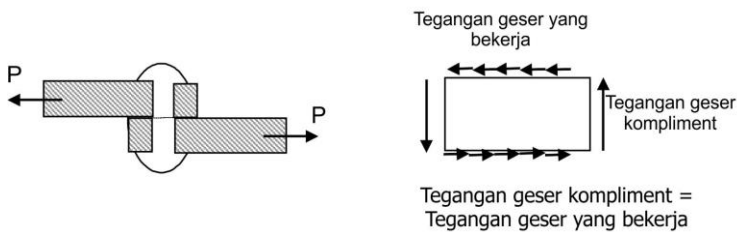
a = jarak antara beban, cm

Kuat lentur (*bending strength*) dihitung dengan memakai rumus 16 dan 18 dengan menggantikan beban P dengan beban patah atau beban ultimate (P_u). Pada pengujian lentur bahan-bahan bangunan, permulaan retak biasanya terjadi didaerah tarik sebelah bawah, sebab kebanyakan bahan (kecuali besi dan baja), kuat tariknya lebih kecil daripada kuat tekannya. Tegangan yang diperbolehkan untuk bahan bangunan yang dipakai dalam suatu konstruksi hanyalah sebagian dari tegangan ultimatanya.

$$\tau = \frac{\tau_u}{z} = kg/cm$$

(19)

- τ = tegangan aman, kg/cm
- τ_u = tegangan ultimate, kg/cm
- z = safety factor = angka keamanan



Gambar 2.7. Gaya Geser pada Sambungan
(Lyll Addleson, 1972:97)

2. Angka Keamanan

Hasil pengujian kekuatan (tegangan), belum tentu dapat mencerminkan keadaan sesungguhnya dari kekuatan bahan bangunan tersebut dan dalam pelaksanaan harus dipakai menjamin keamanan dan keutuhan konstruksi tersebut.

1. Hasil pengujian merupakan ide dari harga rata-rata kekuatan bahan tersebut. Disebabkan tidak homogennya kekuatan bahan adakalanya telah pecah sebelum mencapai tegangan ultimate rata-rata. Sebab itu makin tidak

- homogen kekuatan bahan bangunan, makin tinggi seharusnya angka keamanan yang diambil.
2. Batu dari bahan-bahan lainnya yang rapuh sudah mengalami retakan sebelum mencapai ultimate strengthnya.
 3. Pengaruh-pengaruh atmosfer dapat merubah sifat-sifat dari bahan.

Kemungkinan bertambahnya muatan, beban angin, gempa dan besarnya angka keamanan, ditentukan berdasarkan pertimbangan pengalaman, dan sifat bangunan, keadaan pelaksanaan, dan sifat bahan yang dipergunakan.

3. Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan adalah kesanggupan suatu bahan untuk menahan penetrasi benda padat lain yang masuk kedalam permukaannya. Sifat kekerasan ini adalah sifat dari bahan-bahan bangunan yang sangat penting karena banyak sifat-sifat lain yang berhubungan dengan kekerasannya. Kekerasan ini merupakan suatu tahanan dari bahan terhadap deformasi plastis (perubahan bentuk tetap). Kekerasan mempunyai hubungan erat dengan kekuatan.

Pada umumnya administrasi tiga macam cara penentuan kekerasan bahan yaitu :

1. Cara goresan
2. Cara penekanan
3. Cara dinamik

Cara pertama dilakukan dengan jalan menggoreskan bahan yang lebih keras kepada bahan yang lebih lunak. Kekerasan dari bahan batuan ditentukan dengan skala Mohs (Perancis), yang berdasarkan perbandingan derajat kekerasan, Mohs membuat skala yang terdiri dari 10 standard mineral-mineral, disusun menurut kemampuannya dari bahan terkeras, yaitu intan dengan skala 10, sampai bahan terlunak, yaitu talk dengan skala 1 seperti tabel berikut :

Tabel 2.3 Standar Mineral Menurut Sifat, Derajat Kekerasan dan Jenisnya

Sifat	Derajat Kekerasan	Jenis Mineral	Keterangan
Palin g lunak	1	Talk	Dapat dikikis dengan kuku jari
	2	Gypsum	Dapat gores dengan kuku jari
	3	Kalsit	Dapat digores dengan uang logam
	4	Flourit	Dapat digores dengan sepotong kaca
	5	Apatit	Mudah digores dengan pisau
	6	Ortoklas	Sulit digores dengan pisau
	7	Kuarsa	Menggores kaca
	8	Topas	Menggores kaca dengan kesulitan
Palin g keras	9	Korundum	Memotong kaca
	10	Intan	Memotong kaca

Sumber : Yusmin Mulyadi, 2002:5

Untuk pengukuran kekerasan ini dapat kita pergunakan alat-alat yang sederhana, seperti kuku tangan, pisau baja dan lain lain. Tabel 2.4 memperlihatkan hubungan antara alat pengukur kekerasan dengan derajat kekerasan dari Mohs.

Tabel 2.4 Alat-alat Penguji Kekerasan

Alat penguji	Derajat Kekerasan Mohs
Kuku manusia	2,5
Kawat tembaga	3
Pecahan kaca	5,5 – 6
Pisau baja	5,5 – 6
Kikir baja	6,6 – 7

Sumber : Doddy Setia G, 1987:21

Disebabkan oleh struktur kristal yang berbeda-beda pada berbagai arah, maka kekerasan mineral dapat pula berubah-ubah menurut arah kristallografinya.

Penentuan kekerasan dengan cara dinamik, ialah dengan jalan menjatuhkan bola baja pada permukaan bahan (logam). Tinggi pantulan bola menyatakan energi benturan sebagai ukuran kekerasan logam. Cara ini disebut cara “*share scleroscope*”.

Pengukuran kekerasan dengan penekanan adalah cara yang terkenal, umumnya dilakukan untuk bahan-bahan logam. Cara ini ialah:

1. Cara Brinell
2. Cara Vickers
3. Cara Rockwell

Cara DR. J. A. Brinell (pada tahun 1900 dari Swedia). Cara penentuan kekerasan dengan jalan menekan bola baja kepada logam dengan beban tertentu. P adalah beban dalam kg dan D diameter bola dalam mm. (Standar diameter bola, yaitu 10; 7,5; dan 1,19 mm berdasarkan tebal benda yang diperiksa)

Besarnya beban ditentukan yaitu :

$P = 30 D^2$ (untuk bahan-bahan baja)

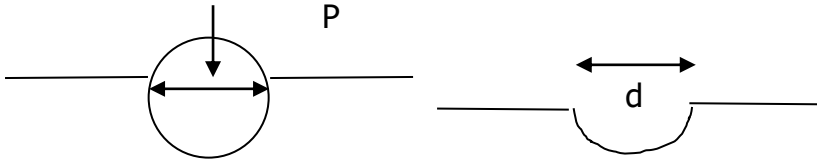
$P = 5 D^2$ (untuk bahan-bahan seperti kuningan, perunggu, aluminium dan lain lain)

Setelah bola ditekankan (± 30 detik), pada permukaan logam, akan meninggalkan bekas penekanan berupa sebagian dari bidang bola, diameter bekas penekanan ini diukur teliti dengan mikroskop pengukur, maka kekerasan Brinell adalah beban dibagi luas bidang bola bekas penekanan atau nilai kekerasan:

$$H_B = \frac{P}{A} = \frac{kg}{mm^2}$$

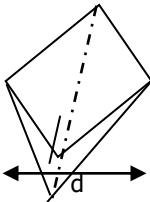
Atau dapat ditulis :

$$H_B = \frac{P}{\frac{\pi B}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = kg/mm^2$$



Gambar 2.8. Pengukuran Kekerasan Cara Brinnell
(Yusmin Mulyadi, 2002:15)

Pada cara Vickers : mempergunakan piramida sebagai pengganti bola baja. Sudut bidang dua dari piramida intan itu dibuat 136° , sehingga luas bidang empat piramida pada bekas penekanan adalah :



$$A = \frac{d^2}{2 \sin 68^\circ} = mm^2$$

Dengan demikian kekerasan bahan menurut Vickers ialah :

$$H_v = 1,854 \frac{P}{d^2} = kg/mm^2$$

Dengan pemilihan berat padat alat Vickers dapat diberikan beban-beban 1, 2, 5; 5, 10, 30; 100 dan 120 Kg (tergantung kepada macam dan tebal/tipis bahan)

Pada cara Rockwell dipergunakan cara yang agak berlainan dalam penentuan kekerasan logam, ialah dengan memakai kerucut intan dan bola-bola baja, dengan diameter

1/16; 1/8; 1/4; dan 1/2 inci. Prinsip pengukuran kekerasan didasarkan pada dalam atau dangkalnya kerucut intan atau bola baja masuk dalam logam pada beban tertentu.

Tabel 2.5 Perbedaan-perbedaan pada Rockwell dan Brinell

No	Perbedaan	Rockwell	Brinell
1.	Alat – alat	Kerucut intan dan alat ukur otomatis	Bola baja yang dikeraskan
2.	Cara pengukuran	Dengan beban utama	Bola baja dikeraskan dengan ketam G
3.	Hasil kekerasan	Dapat dibaca secara otomatis pada petunjuk	Beban G dibagi luas bekas (luas bagian bola yang masuk/ke dalam bahan)

Sumber : Yusmin Mulyadi, 2002:16

Tabel 2.6 Skala Kekerasan Mohs (*Scale Of Hardness*)

Angka Nilai Kekerasan	Rumus Kimia	Bahan (Material)	Ciri-ciri Kekerasan (Characteristic of Hardness)
1	$\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	Talk atau kapur (talc or chalk)	Mudah digores dengan kuku
2	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Gips (gypsum)	Dapat digores dengan kuku
3	CaCO_3	Calsit atau anhidrit (calcite or anhydrite)	Mudah digores dengan pisau
4	CaF_2	Flourspar (Flourspar)	Dapat digores dengan pisau dengan agak

			ditekan
5	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$	Apatit (Apatito)	Dapat digores dengan pisau tapi agak ditekan. Batuan ini tidak dapat menggores kaca
6	Kepemimpinan (AlSi_3O_8)	Ortoklas (Orthoclase)	Tidak dapat tergores oleh pisau tapi harus ditekan. Batuan ini tidak dapat menggores kaca (sedikit)
7	SiO_2	Kwarts (Quarts)	Dengan mudah dapat menggores kaca. Tidak dapat digores dengan pisau
8	$\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{F.OH})_2$	Topaz (Topaz)	
9	Al_2O_3	Corundum	
10	C	Intan (diamond)	

Sumber : V.A. VOROBYEV “Building materials”

Catatan : Logam-logam keras kebanyakan ada pada skala 4 sampai 8

4. Kuat Impact (*Impact strength*)

Kuat Impact ialah kesanggupan bahan untuk menahan beban impact. Benda coba yang dibuat dari bahan yang akan diundi, dijatuhkan beban yang beratnya dan tingginya telah tertentu berulang-ulang, hingga terjadi/terlihat retakan untuk pertama kali.

Jumlah kerja yang dinyatakan dalam kg – m yang diperlukan untuk dapat merusakkan benda coba yang

dinyatakan dalam satuan volume – cm^3 disebut kuat impact yang dinyatakan dalam $\text{kg} - \text{m} / \text{cm}^3$. Kuat impact perlu diketahui untuk bahan-bahan bangunan seperti lantai, dinding, pipa dan lain lain.

5. Elastisitas = *Elasticity*

Elastisitas ialah sifat dari bahan untuk mempertahankan bentuk dan volumenya semula setelah gaya-gaya dari luar yang menyebabkan perubahan bentuk tadi dihentikan. Bila beban yang bekerja hanya kecil, bahan tadi dapat diharapkan akan mendapat bentuknya semula. Tetapi bila beban yang diberikan besar, maka benda tersebut tidak akan memperoleh bentuknya semula, dalam hal ini disebut terjadi deformasi.

Selain sifat tersebut diatas masih ada sifat-sifat seperti tonghezss (kekenyalan) dan Britlemen (kerapuhan/getas)

C. Sifat Kimiawi

1. Unsur-unsur senyawa dan campuran-campuran

Semua bahan terdiri dari unsur-unsur. Unsur dapat didefinisikan sebagai zat yang secara kimia atau mekanis tidak dapat diuraikan lagi menjadi zat lain. Unsur-unsur yang dikenal hingga saat ini kira-kira 122 buah. Bila dua zat atau lebih dicampur bersama-sama dan masih dapat dipisahkan secara mekanis, campuran tersebut kita sebut campuran mekanis. Tetapi bila zat-zat tersebut dalam perbandingan tertentu dapat membentuk suatu masa yang homogen dimana komponen-komponennya tidak dapat dipisahkan secara mekanis maka dikatakan telah berbentuk suatu senyawa kimia.

Alloy (campuran logam) dan larutan dibuat dengan jalan mencampur zat-zat, membentuk zat lainnya yang juga homogen dan tidak dapat dipisahkan atas komponen-komponennya secara mekanis, tetapi zat tersebut tidak perlu dicampur dengan suatu perbandingan tertentu dan sebab itu bukan suatu senyawa kimia.

2. Atom dan molekul

Menurut teori atom, atom adalah partikel yang terkecil dari suatu unsur yang dapat beradasendiri ataupun bersama-sama dengan partikel-partikel yang sama ataupun unsur yang berlainan. Namun sekarang, atom telah dapat dibagi lagi dengan cara nonchemis, tetapi produknya mempunyai sifat-sifat kimia yang berbeda dengan sifat-sifat yang dipunyai atomnya. Atom-atom dari suatu unsur mempunyai tenaga untuk menarik atom-atom dari unsur lainnya untuk membentuk senyawa-senyawa.

Penggabungan dari atom-atom membentuk apa yang disebut molekul yang merupakan partikel yang terkecil dari senyawa. Suatu unsur bila bersenyawa dengan unsur lainnya untuk membentuk sesuatu zat senantiasa dengan perbandingan yang selalu sama. Misalnya bila hidrogen bersenyawa dengan oksigen untuk membentuk air, senantiasa memerlukan dua atom hidrogen terhadap satu atom oksigen.

Berat atom oksigen adalah 16 kali berat atom hidrogen, sebab itu dua satuan berat hidrogen bersenyawa dengan 16 satuan berat oksigen menjadi 18 satuan berat air, bila zat-zat tersebut bersenyawa dengan perbandingan yang berbeda, maka hasilnya pun zat-zat yang berbeda pula. Sebagai contoh misalnya satu atom karbon dapat bersenyawa dengan satu atom oksigen membentuk molekul karbon mono oksida, tetapi satu atom karbon dapat pula bersenyawa dengan dua atom oksigen menjadi satu molekul karbondioksida.

3. Tanda-tanda unsur, rumus dan persamaan kimia

Untuk memudahkan tiap-tiap unsur diberi tanda-tanda yang tersendiri yang disebut juga simbol. Unsur-unsur yang banyak terdapat dalam bahan bangunan ialah:

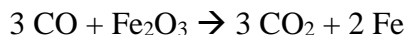
- | | | | | | |
|-------------|---|----|----------|---|----|
| ▪ Aluminium | - | Al | Nikel | - | Ni |
| ▪ Kalsium | - | Ca | Nitrogen | - | N |
| ▪ Karbon | - | C | Oksigen | - | O |

▪ Chlorin	-	Cl	Fosfor	-	F
▪ Tembaga	-	Cu	Kalsium	-	K
▪ Hidrogen	-	H	Silisium	-	Si
▪ Besi	-	Fe	Sulfur	-	S
▪ Timbal	-	Tb	Timah putih	-	Sn
▪ Magnesium	-	Mg	Seng	-	Zn
▪ Mangan	-	Mn			

Senyawa diberi tanda dengan rumus-rumus, yang merupakan gabungan dari unsur-unsur penyusunnya. Misalnya rumus untuk air H₂O, berarti bahwa air terjadi dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Perubahan yang terjadi apabila unsur-unsur atau senyawa-senyawa bereaksi dinyatakan dengan suatu persamaan kimia. Misalnya persamaan untuk perubahan kimia yang terjadi bila unsur hidrogen bersenyawa dengan oksigen menjadi senyawa air dapat ditulis sebagai berikut:



Suatu perubahan yang terjadi dalam blast furnace pada waktu pembuatan pig iron adalah reaksi tiga molekul karbon monoksida (CO) dengan satu molekul besi oksida (Fe₂O₃) menjadikan tiga molekul karbondioksida (CO₂) dan dua atom besi (Fe):



Pada setiap persamaan kimia jumlah atom dari tiap-tiap unsur di sebelah kiri dan kanan, tanda sama haruslah sama banyaknya.

4. Asam, basa (alkali) dan garam

Umumnya senyawa-senyawa dapat digolongkan kedalam asam, basa atau garam. Asam adalah senyawa-senyawa yang selalu mengandung unsur hidrogen, yang segera bereaksi dengan oksida-logam atau basa, membentuk senyawa yang disebut garam netral. Basa adalah senyawa yang mengandung logam dan gugusan yang disebut hidroksil (OH).

Dibawah ini dicantumkan beberapa jenis asam, basa dan garam.

Tabel 2.7 Beberapa Jenis Asam-Asam, Basa dan Garam.

No	Zat	Nama Kimia	Rumus
I	Asam		
	1. Asam Sulfat	Asam sulfat	H_2SO_4
	2. Asam chlorida	Asam chlorida	HCl
	3. Asam nitrat	Asam nitrat	HNO_3
	4. Asam fosfat	Asam fosfat	H_3PO_4
	5. Asam cuka	Asam asetat	CH_3COOH
II	Basa		
	1. Soda api	Soda api	$NaOH$
	2. Kalium hidroxyda	Kalium hidroxyda	$KaOH$
	3. Kapur kembang	Kalsium hidroksida	$Ca(OH)_2$
	4. Aluminium hidroksida	Aluminium hidroksida	$AL(OH)_3$
III	Garam-garam		
	1. Garam dapur	Natrium chlorida	$NaCl$
	2. Magnesium karbonat	Magnesium karbonat	$MgCO_3$

Sumber : Yusmin Mulyadi, 2002:20

5. Senyawa-senyawa organis dan anorganis

Seperti halnya senyawa-senyawa begitu pula bahan bangunan dapat dibedakan atas senyawa-senyawa organis dan anorganis. Bahan-bahan anorganis dapat disebut diantaranya : besi, baja, tembaga, kuningan, seng, aluminium, timah putih, perunggu, gips, kapur, batu, semen, pasir, porselen (*tras*), tanah dan lain lain. Bahan-bahan organis misalnya kayu, plastik, serat-serat tumbuhan, cat, karet, minyak dan sebagainya.

D. Sifat-Sifat Khusus (*Special Properties*)

Sifat-sifat khusus dapat juga disebut sifat-sifat teknologi (*technological properties*) karena bahan-bahan itu harus diproses seperti benda-benda. Dalam proses pembuatannya maka timbullah persoalan yang menyangkut sifat-sifat bahan tersebut terhadap pengolahan atau proses yang tertentu. Contoh:

1. Beton muda pada waktu dituang, mudah mengalir di dalam cetakan. Jika cetakan terlalu kental, maka terdapat ruang yang tidak terisi campuran sehingga beton pada saat mengeras menjadi keropos, hal ini menyangkut sifat-sifat teknologi bahan.
2. Kayu yang mudah diserut rata, mudah dipaku.
3. Pengolahan atau proses-proses lain seperti pengelasan, pemotongan dengan mesin-mesin, pembentukan dengan press atau tempa dan lain lain, bahan-bahan akan memperlihatkan sifat yang beraneka ragam.
4. Sifat-sifat terhadap lingkungan atmosfir yang sering disebut ketahanan korosi, kerusakan terhadap udara basah, gas, bahan kimia, air laut, uap air, air tawar dan lain lain.
5. Sifat-sifat keindahan dan warna.

Untuk mengetahui sifat-sifat bahan dan mutu bahan, maka dapat dilakukan pengetesan bahan. Pengetesan bahan bangunan dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu pengetesan kimia (*chemical test*), pengetesan mekanik (*mechanical test*) dan pengetesan dengan mikroskop (*microscope test*).

BAB III

BAHAN PEREKAT HIDROLIS

Bahan pengikat hydrolis adalah jenis bahan yang dapat merekat (berfungsi sebagai perekat) akibat bahan tersebut dicampur dengan air. Jenis bahan ini akan berubah menjadi pekat akibat bereaksi dengan air yang ditimbulkan oleh unsur-unsur kimia yang dikandungnya atau memakai air sebagai perantara untuk terjadinya reaksi perekatan dari unsurnya yang terkandung atau dengan unsur-unsur dari luar.

A. Kapur

Istilah atau kata kapur secara luas diberikan kepada bahan padatan yang terbentuk terutama dari unsur kalsium (Ca). Di alam pada umumnya kapur terdapat sebagai batuan kapur, yang terbentuk oleh proses pengendapan kimia, maka batu kapur disebut batu endapan. Batuan kapur ini dapat lapuk kemudian hancur tercampur dengan jenis lapukan bumi yang lainnya, lalu dapat mengendap lagi, atau mengeras lagi membentuk batuan kapur campuran, atau tanah kapur campuran.

Dengan demikian batuan kapur di alam ini pada umumnya tidak terdapat dalam bentuk murni (mengandung kotoran tanah lainnya). Karena perubahan alam dan panas bumi, batu kapur terdapat dalam berbagai kepadatan, ada yang lunak, keras maupun yang padat. Jenis batu kapur yang kepadatannya tinggi dan bertekstur halus, dinamakan marmer yang digolongkan sebagai batu malihan atau methamorphosa.

Umumnya batuan kapur tidak murni karena telah tercampur dengan unsur magnesium, oksida tanah terutama oksida besi, silika dan alumina. Penamaan kapur digolongkan sebagai berikut:

1. Kapur kadar kalsium tinggi (*high calsium lime*), apabila dalam kapur ini kadar CaO-nya lebih dari 95%.
2. Kapur magnesia, bila dalam kapur itu terdapat kadar MgO lebih dari 5% - 20%.
3. Kapur dolomit. Bila kadar magnesium karbonat seimbang jumlahnya dengan kadar kalsium karbonat, atau kapur ini merupakan campuran CaCO_3 MgCO_3 .
4. Kapur kurus, bila kadar kotoran oksida tanah, lebih dari 5%, selanjutnya bila kadar oksida tanah ini cukup besar sehingga :

$$\text{Perbandingan berat } \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 3 - 6$$

Disebut kapur hidrolis, karena bila batu kapur yang demikian, dibakar dan dijadikan kapur perekat akan mampu mengeras dengan sendirinya bila kena air. Batu kapur yang terdapat di Indonesia sebagian besar adalah batuan kapur kalsium, di beberapa daerah terdapat kapur yang mengandung MgO yang relatif tinggi tetapi belum sampai ke tingkat dolomit. Batu kapur itu disebut batu kapur magnesia atau batu kapur dolomitis.

Jenis batuan kapur seperti yang tersebut di atas dapat dipakai sebagai bahan pembuatan kapur perekat. Tetapi khusus untuk kapur perekat, akan lebih baik dipilih kapur dengan kadar kalsium yang tinggi.

Untuk membuat batu kapur yang masih berbentuk kalsium karbonat, perlu diubah menjadi oksida terlebih dahulu melalui proses pembakaran dengan suhu tinggi. Setelah berubah menjadi oksida, masih perlu dirubah lagi menjadi bentuk hidroksida.

Cara merubah batuan karbonat menjadi oksida kapur, dilakukan dengan beberapa cara, yaitu : cara umum yang dilakukan di Indonesia, dengan memecah batuan kapur menjadi bongkahan kecil antara butir sebesar 7 – 20 cm. Disusun dalam suatu tungku, lalu dibakar dengan bahan bakar kayu atau bahan bakar cair. Beberapa bentuk tungku adalah tungku periodik atau disebut juga tungku ladang yang memerlukan waktu pembakaran sampai kurang lebih 3 atau 4 hari. Sebagian kecil perusahaan kapur menggunakan tungku kontinu yang melakukan pembakaran terus menerus dan tiap hari menghasilkan oksida kapur.

Pembakaran dengan tungku ladang menghasilkan produksi yang periodik, terlalu banyak menggunakan bahan bakar. Rata-rata tungku ini memerlukan bahan bakar sebanyak 2000 – 3000 kalori untuk setiap kg hasil oksida kapur. Hasil pembakaran tungku ini kurang merata.

Pembakaran dengan tungku kontinu memerlukan bahan bakar antara 1600-2000 kalori/kg oksida kapur. Pembakaran kapur yang efisien, bila pemakaian bahan bakar kurang lebih 1250 kalori/kg oksida kapur. Cara pembakaran batu kapur di Indonesia, baik dengan tungku ladang maupun dengan tungku kontinu, belum dapat mengontrol dengan baik proses pembakarannya, sehingga hasil oksida kapur pada umumnya kurang baik. Jika suhu terlalu rendah banyak menghasilkan partikel yang mengandung karbonat. Sedang jika suhu terlalu tinggi banyak partikel oksida yang terbakar lewat.

Di negara Eropa cara pembakaran kapur memakai tungku kontinu yang tegak. Tungku dilengkapi dengan alat kontrol pembakaran yang baik sehingga penggunaan bahan bakar efisien serta hasil bakaran yang baik dan seragam. Di Amerika Serikat, cara pembakaran kapur menggunakan tungku tegak atau tungku tabung yang berputar (rotary kiln) seperti tungku pembakaran semen portland. Keuntungan pembakaran kapur dengan tungku ini yaitu mampu membakar batu kapur yang berbutir kecil (2,5 – 5 cm).

Adapun proses pembuatan kapur perekat yang baik melalui tahapan berikut:

1. Pembakaran kapur

Untuk mengubah karbonat kapur menjadi oksida kapur harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

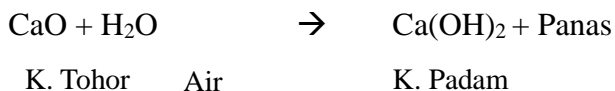
- a. Batu kapur karbonatnya harus dipanasi, sampai terjadi penguraian karbonatnya. Cara kimia dijelaskan sebagai berikut: CaCO_3 (karbonat kalsium) dipanasi kemudian terurai menjadi CaO (oksida kapur) + CO_2 (karbonat). Suhu minimum untuk melepaskan CO_2 dari CaCO_3 adalah 900°C , tetapi dalam prakteknya karena yang dibakar berbentuk butiran kapur yang cukup besar maka diberikan suhu antara $1000 - 1340^\circ\text{C}$.
- b. Apabila batu kapur terbentuk dari magnesium karbonat, suhu penguraian untuk butiran batu kapur yang besar dipakai suhu antara $940 - 1230^\circ\text{C}$. Apabila suhu pembakaran lebih rendah dari suhu tersebut maka hasil pembakaran masih banyak mengandung partikel kapur dalam bentuk karbonat dan bila suhunya terlalu tinggi, maka oksida kapur yang terbakar akan lewat dan sukar diubah menjadi kapur hidroksida atau kapur perekat.

Bila batu kapur merupakan campuran antara kalsium karbonat dan magnesium karbonat atau berupa kapur dolomit maka kontrol terhadap suhu pembakaran akan lebih sulit untuk menghasilkan kapur perekat yang bermutu baik. Kapur hidroksida dari kapur kalsium dapat digunakan sebagai bahan perekat adukan sedangkan kapur hidroksida dari kapur dolomit sering dipakai untuk penjernihan air atau industri kimia lainnya.

2. Pembuatan kapur hidroksida

Hasil pembakaran batu kapur dengan suhu antara $1000 - 1340^\circ\text{C}$ tidak dapat sepenuhnya menghasilkan partikel oksida kapur yang masak dengan baik melainkan mengandung pula sedikit partikel oksida yang terbakar lewat. Reaksi kimia

proses perubahan oksida kapur (kapur tohor) menjadi hidroksida (kapur padam) adalah sebagai berikut:



Untuk magnesium oksida:



Kapur tohor dari hasil pembakaran yang baik, dimana partikel kapurnya tidak terbakar lewat, peristiwa reaksi itu akan cepat terjadi. Sebaliknya bila kapur tohornya terbakar lewat, terjadinya reaksi lambat atau tidak terbentuk bubuk halus kapur padam atau bubuk yang halus. Akan terdapat butiran kasar yang tak mau padam sehingga menghasilkan kapur hidroksid yang kasar.

Untuk kesempurnaan proses pemadaman kapur tohor ini, selama proses pemadaman, panas yang timbul dari hasil reaksi dimanfaatkan dengan mempercepat berubahnya kapur tohor padat membentuk kapur hidroksid. Untuk jenis kapur tohor magnesita yang pada suhu 1000°C telah menjadi padat, cara perendamannya dilakukan pada bejana tekan dengan tekanan antara 2.8 – 5.6 atm.

Partikel kapur tohor yang terbakar lewat dan tidak berubah menjadi kapur padam, bila terbawa dalam adukan lambat laun akan menjadi kapur padam yang disertai dengan pengembangan volume. Hal tersebut dapat menyebabkan bergesernya tembok atau adukan yang membengkak sehingga akan menyebabkan cacat pada permukaan tembok.

Sedangkan pada kapur padam yang banyak mengandung partikel kapur tohor yang tidak padam akan mengakibatkan adukan menjadi tidak plastis atau tidak merata kadar kapurnya. Untuk menjamin mutu kapur untuk bangunan, maka

digunakanlah standar persyaratan mutu SII 002-1981 atau SNI 03-2097-1991.

Syarat kapur untuk bahan bangunan atau sebagai kapur perekat memenuhi syarat pada ASTM C 110 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Syarat Kapur untuk Bahan Bangunan

	Kapur tohor	Kapur padam
Kadar CO max	3 %	8 %
Kehalusan diayak basah:		
- Sisa di atas ayakan 0.85 mm (maks)	15%	-
- Sisa di atas ayakan 0.600 mm (maks)	-	0.5%
- Sisa di atas ayakan 0.075 mm (maks)	-	10%

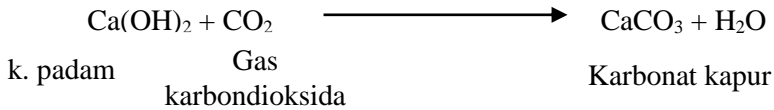
Sumber : Sumardi, 1998:10

Persyaratan lain bagi kapur agar tetap kekal (tidak mengembang) dapat dilakukan dengan mengukus benda uji, pasta kapur selama 5 jam atau dikukus dengan tekanan 10.5 atm selama 2 jam.

Untuk memperbaiki mutu kapur bangunan, maka setelah pemadaman diikuti dengan penggilingan dan pengayakan, sehingga kapur yang disajikan pada pembeli berbentuk halus (tepung). Di Indonesia, terdapat dua unit percontohan pembakaran kapur yaitu di Semarang dan Bandung.

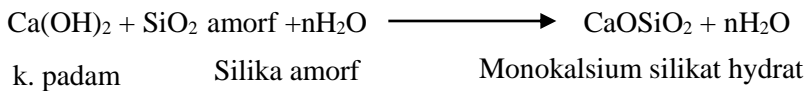
Ditinjau secara ilmu kimia, kapur padam yang memiliki rumus kimia Ca(OH)_2 atau disebut hidrat kapur dapat mengeras disebabkan oleh dua sebab yaitu:

1. Pengerasan dengan karbondioksida dari udara (pengerasan udara)



Tulisan H_2O di atas anak panah berarti reaksi dapat terjadi bila dalam keadaan lembab. Bila dalam keadaan kering, maka tidak akan bereaksi dengan gas karbondioksida.

2. Pengerasan dengan bahan silika amorphous

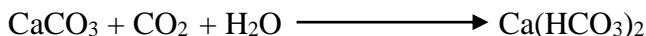


Hasil reaksi ini akan memberikan sifat kekerasan yang lebih padat dari pada hasil pengerasan pada pembakaran dengan karbondioksida dari udara. Reaksi ini juga dapat terjadi bila dalam keadaan basah. Makin lama, harga n makin meningkat dari 1 sampai 10. makin besar harga n makin keras pula hasil pengerasannya. Bahan silika amorph berbentuk bubuk senyawa silika yang terdapat di dalam tanah atau dalam agregat (pasir adukan).

Untuk batu kapur kalsium yang mengandung sejumlah senyawa silikat (tercampur kotoran tanah), akibat pembakaran dalam tungku kapur, batu kapurnya berubah menjadi kapur tohor dan tanahnya menjadi senyawa silika amorph. Kapur tohor yang bila dipadatkan dengan air yang berlebihan maka akan mengeras dan dengan sendirinya akan terjadi senyawa monokalsium silikat hidrat. Oleh karena itu dalam proses pemadamannya harus kering atau jangan sampai kelebihan air agar tepung kapur padamnya tetap kering. Kapur tersebut dinamakan kapur hidrolis.

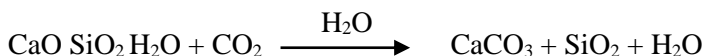
Bahan CaCO atau $\text{CaOSiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ tidak stabil sebab lebih mudah dirusak oleh gas karbondioksida dalam suasana lembab. Bahan adukan yang perekatnya berbentuk CaCO_3 terutama berbentuk pori (tidak padat) karena adanya gas CO_2 diudara dan air, dalam keadaan basah dapat terurai sebagai berikut :

1. Bila perekatnya berbentuk CaCO_3



Kalsium karbonat ini larut dalam air.

2. Bila perekatnya berbentuk monokalsium silikat hidrat



Akibat adukan kapur tersebut maka lambat laun akan hancur. Untuk memperlambat kerusakan tersebut maka pada permukaan plesteran yang terbuat dari adukan kapur sering dilapur kapur atau jenis cat lainnya.

Sifat adukan kapur yang didalamnya berbentuk monokalsium silikat hidrat, bila terlindung dari gas CO_2 dan selalu basah akan lebih awet atau dapat meningkat kekerasannya, misalnya bila dipakai untuk pondasi. Sebagai contoh, batu yang terbuat dari kapur dan tras bila dipakai untuk pondasi akan lebih keras dibandingkan dengan bata tras kapur ini.

B. Semen Portland

Bahan utama dari semen portland ini adalah batu kapur kalsium yang merupakan sumber utama oksida kapur (CaO) dan tanah liat (SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3). Sedangkan bahan koreksi adalah kwarsa (batu atau bentuk pasir untuk tambahan kekurangan SiO_2 , bijih atau pasir besi untuk menambah kekurangan Fe_2O_3).

1. Proses Pabrikasi Semen Portland

Bahan utama atau bahan koreksi yang mudah diperoleh dari alam, dikeringkan kemudian digiling hingga berbentuk halus kemudian dicampur dengan perbandingan tertentu menurut susunan senyawa semen yang direncanakan.

Terdapat dua macam proses pabrikasi semen yaitu proses basah dan proses kering. Pada proses basah bahan dasar dihaluskan kemudian dicampur dengan proporsi tertentu dan ditambahkan air sehingga menjadi bubur (*slurry*). Kadar air *slurry* berkisar 35 – 50 %. Campuran tersebut dibakar pada suatu tungku putar datar dengan suhu 1400 – 1500°C hingga membentuk bola-bola kecil lalu dikeluarkan dari dalam tungku dan ditempatkan pada ruang terbuka. Hasil bakaran berbentuk kerikil warna coklat disebut klingker semen portland. Klingker semen portland kemudian dicampur batu gips lalu digiling halus dan diayak. Butiran semen yang tembus ayakan 170 dan telah berbentuk tepung ini disebut dengan semen portland dan selanjutnya mengalami proses pengemasan.

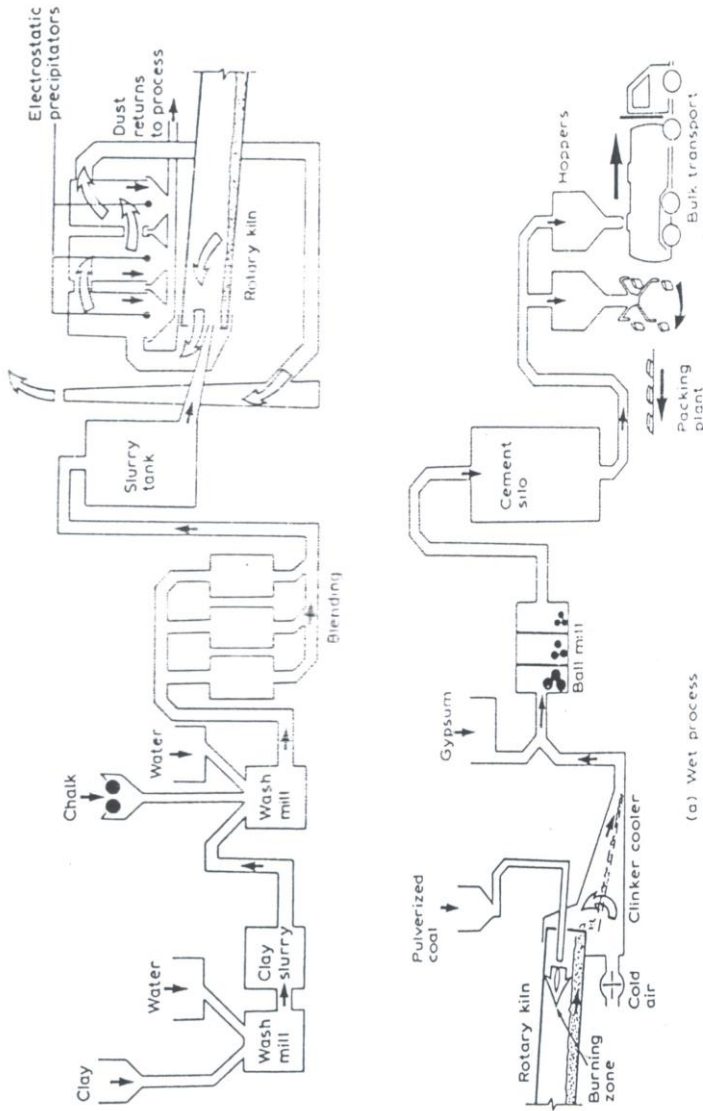
Pada proses kering bahan dasar dipecah dan dicampur dengan proporsi tertentu dengan kadar air berkisar 0,2%. Untuk menghilangkan kadar air, bahan tersebut dipanaskan hingga 800°C. Setelah kering bahan tersebut dimasukkan kedalam tungku putar datar dan dipanaskan kembali pada suhu 1400 – 1500°C hingga bahan tersebut menjadi bola dengan diameter 3 – 25 mm yang sering disebut dengan klingker. Klingker semen portland kemudian dicampur dengan batu gips lalu digiling halus dan diayak. Butiran semen yang tembus ayakan 170 dan telah berbentuk tepung ini disebut dengan semen portland dan selanjutnya mengalami proses pengemasan. Proses pabrikasi semen portland tersebut digambarkan pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.

1. Susunan senyawa atau oksida di dalam semen adalah sebagai berikut:

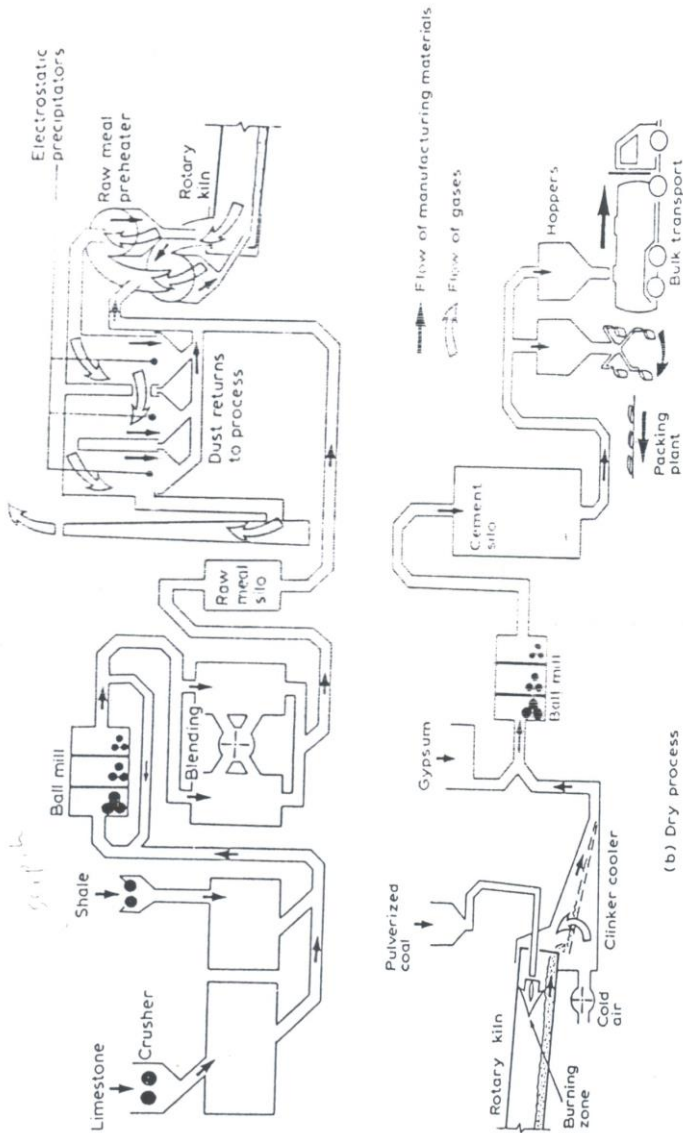
Tabel 3.2. Susunan oksida

Silika (SiO_2)	$22 \pm 4 \%$
Alumina (Al_2O_3)	$5 \pm 2 \%$
Besi (Fe_2O_3)	$3 \pm 2.5 \%$
Kapur (CaO)	$64 \pm 2 \%$
Magnesia (MgO)	$3 \pm 2 \%$
Alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)	$0.8 \pm 0.3 \%$
Sulfur (SO_3)	$0.5 \pm 0.5 \%$

Sumber : Sumardi, 1998:10



Gambar 3.1. Proses Fabrikasi Semen (Cara Basah)
(A M Neville, 1982:4)



Gambar 3.2. Proses Fabrikasi Semen (Cara Kering)
(A M Neville, 1982:5)

Tabel 3.3 Susunan Senyawa di dalam Semen

C_4AF	$11 \pm 4 \%$
C_3A	$9 \pm 4 \%$
C_3S	$40 \pm 15 \%$
C_2S	$35 \pm 10 \%$
Kapur bebas	$1 \pm 1 \%$

Sumber : Sumardi, 1998:10

Keterangan :

C_4AF singkatan dari $4 CaOAl_2O_3Fe_2O_3$

C_3A singkatan dari $3 CaOAl_2O_3$

C_3S singkatan dari $3 CaOSiO_3$

C_2S singkatan dari $2 CaOSiO_3$

Dari keempat susunan senyawa semen yang betul-betul berfungsi menjadi perekat hanya C_3S dan C_2S , sedangkan dua senyawa lainnya merupakan dua senyawa pelebur untuk terbentuknya senyawa C_3S dan C_2S pada suhu $1250 - 1350^\circ C$. Dalam klinker atau semen portland yang telah jadi, C_3A dan C_4AF jumlahnya dibatasi karena sifatnya tidak baik. C_4AF tidak bersifat perekat, tidak mengeras dan bila terlalu banyak hanya akan digunakan sebagai bahan non aktif saja. Sedangkan C_3A bila terkena air langsung mengembang dan pecah menjadi bubuk, tidak bersifat perekat, aktif mengikat sulfat dan mengembang serta mengeluarkan panas yang tinggi pada waktu bereaksi air.

1. Syarat-syarat semen portland

Semen yang akan diperdagangkan harus memenuhi syarat-syarat penggunaannya. Persyaratan semen portland di Indonesia terbagi dalam lima jenis atau type.

- a. Semen portland jenis I adalah jenis semen portland untuk penggunaan umum yang tidak ada persyaratan khusus
- b. Semen portland jenis II untuk penggunaan yang mensyaratkan ketahanan aduk atau beton terhadap gangguan larutan sulfat yang sedang atau aduk betonnya harus memiliki sifat panas hidrasi sedang, untuk kadar SO_4 lebih besar dari pada 500 ppm.
- c. Semen portland jenis III adalah semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kuat tekan awal yang tinggi, dimana pengerasan yang cepat setelah berumur 7 hari.
- d. Semen portland jenis IV digunakan untuk konstruksi aduk/beton yang panas hidrasinya rendah terutama untuk beton tebal
- e. Semen portland jenis V untuk pemakaian dimana aduk/betonnya akan mendapatkan gangguan sulfat yang berat atau gangguan yang tinggi, dimana $\text{C}_3 < 5\%$ dan $\text{SO}_4 > 150$ ppm.

Sifat senyawa semen portland diuraikan pada tabel berikut:

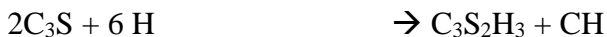
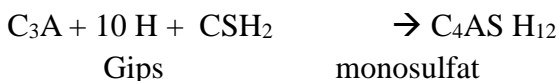
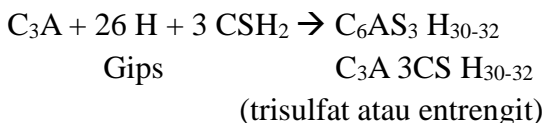
Tabel 3.4 Sifat Senyawa Semen Portland

Sifat	Senyawa dalam Semen Portland			
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Kecepatan reaksi dalam air	Sedang	Lambat	Cepat	Lambat sekali
Keluarnya panas (kalori/gram)	120	60	207	100
Nilai rekatan sebagai semen/perekat	Baik	Baik	Tidak dipunyai	Tidak dipunyai
Pengembangan karena reaksi dengan air	Tidak ada	Tidak ada	Cepat dan besar	pasif

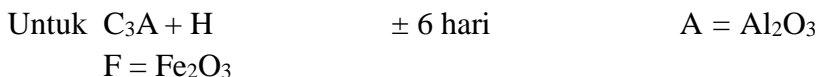
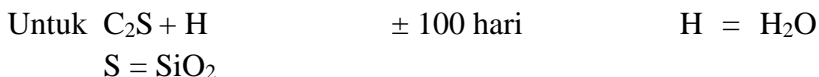
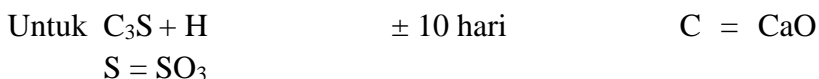
Sumber : Sumardi, 1998:21

2. Semen portland bila bereaksi dengan air

Senyawa semen portland bila terkena air akan mengalami reaksi sebagai berikut:



Diperkirakan oleh hasil penelitian GOETS, bahwa untuk mencapai 80% hasil reaksi dengan air akan memakan waktu:



Hasil reaksi 1 dan 2 menghasilkan senyawa trisulfat dan mono sulfat yang mengembang volumenya serta tidak bersifat perekat. Senyawa ini sangat merugikan. Oleh karena pemakaiannya sangat dibatasi. Untuk beton semen portland yang terendam dalam tanah atau air, yang kandungan sulfatnya < 30 ppm dapat digunakan semen portland type. Untuk beton yang jumlah sulfatnya antara $30 - 500$ ppm digunakan 32 dan bila lebih dari 500 ppm digunakan semen portland type V.

Hasil reaksi ketiga dengan terbentuk C_6AFH_{12} tidak berupa perekat melainkan hanya berbentuk tekanan biasa. Reaksi keempat dan kelima yang jumlahnya $\pm 70 - 80\%$ di dalam semen portland menghasilkan gel yang bila mengering akan menjadi perekat. Oleh karena itu semen portland bila mengeras akan mengeluarkan kapur, bila kering permukaannya akan terlihat putih dan bila direndam dalam air, air rendamannya berubah menjadi air kapur. Bila semen terlalu banyak memamkai air maka bentuk gel akan menjadi lembek, dan daya rekatnya rendah. Sebaliknya bila air yang diberikan sedikit maka bentuk gelnya kental dan daya rekatnya tinggi.

Hal tersebut akan nampak dalam adukan beton. Bila dalam adukan beton, perbandingan air dan semen memberi angka perbandingan kecil atau faktor air semennya sedikit, maka kuat tekan aduk atau betonnya tinggi. Sebaliknya bila adukan beton yang harga f.a.s-nya besar atau betonnya cair, maka kuat tekannya akan rendah.

Semen portland bila sedang mengeras akan mengeluarkan panas yang disebut panas hidrasi. Untuk beton atau adukan yang tipis, hasil panas reaksi ini tidak terlihat nyata karena pada permukaan betonnya terkena hembusan angin saja. Tetapi bila betonnya cukup tebal akan terlihat adanya kenaikan suhu. Tinggi rendahnya kenaikan suhu ini tergantung pada jumlah semen yang digunakan. Untuk tiap 10 kg semen portland type I dapat menaikkan suhu beton sampai kurang lebih 12°C dan apabila suhu luar dari beton ini kurang lebih 30°C maka suhu inti beton akan mencapai 66°C . Kenaikan suhu beton ini akan berpengaruh buruk terhadap beton itu sendiri, yaitu mempercepat penguapan air dari permukaan beton, yang disertai dengan retakan atau memperbesar volume bahan yang ada di inti beton. Dan bila dalam inti beton ini dingin, bahan-bahan yang mengembang itu akan susut kembali ke keadaan semula yang menimbulkan retakan didalam inti beton.

Dalam pengerjaan beton tebal yang tebalnya lebih dari 2 meter harus dijaga suhu betonnya agar tidak melampaui 70°C . Agar tidak terjadi keretakan pada inti maka harus dijaga suhu

antar kulit beton dengan inti beton dan tidak melebihi 20°C. Dan beton didinginkan dengan penempatan pipa-pipa yang disalurkan uap dingin terus menerus. Dalam persyaratan physis semen portland type II dan IV, jumlah panas hidrasi dibatasi. Panas hidrasi (kal/gram) dapat dihitung kadar senyawa semennya sebagai berikut:

$$136 \times \% C_3S + 62 \times \% C_2S + 200 \times \% C_3A + 30 \times \% C_4AF.$$

Cara menghitung kadar senyawa semen (C_3S ; C_2S ; C_3A ; dan C_4AF) dapat dipakai persamaan kimia biasa yang terdapat dalam standar semen portland. Hal tersebut diatas itulah yang menyebabkan semen portland dapat mengeras dengan air.

1. Batasan pada sifat-sifat kimia

a. Pembatasan bagian tak larut

Merupakan bagian semen portland yang tidak larut dalam HCL keras dan mengandung dasar semen portland yang bila terlalu banyak terdapat dalam semen akan menurunkan sifat rekat semen tersebut.

b. Pembatasan terhadap kadar alkali

Alkali dalam semen bersal dari tanah bahan dasar semen, atau dari bahan pencampurnya. Syarat kadar alkali ini merupakan syarat mutlak bila semen tersebut akan digunakan dengan gregat yang alkali reaktif. Pembengkakan beton terjadi apabila jenis agregat bereaksi dengan alkali yang terkandung di dalam semennya. Pembengkakan tersebut dapat diketahui setelah beton tersebut berumur lebih dari 3 tahun.

c. Pembatasan terhadap bahan hilang pijar

Hilang pijar merupakan unsur yang menguap pada suhu kurang lebih 1000°C pada saat bahan tersebut dibakar. Pada umumnya bahan ini berupa gas (CO_2) atau air dan zat lainnya yang dicampurkan dalam semen. Semen portland yang dikeluarkan dari pabrik, kadar hilang pijarnya sangat kecil sekali tetapi bila terlalu lama terbuka diudara, maka semen tersebut akan menarik air dari udara dan gas CO_2 sehingga semennya

akan menjadi keras atau berubah menjadi kasar. Semen yang demikian tidak lagi berfungsi sebagai perekat dan akan menurunkan kuat tekan adukan.

d. Pembatasan terhadap MgO

MgO berasal dari $MgCO_3$ yang sering tercampur dalam batu kapur. Sifat MgO yang berupa bubuk dalam semen dan yang bila terkena air akan menjadi $Mg(OH)_2$ yang dapat mengembang volumenya. Waktu yang digunakan dalam perubahan MgO menjadi $Mg(OH)_2$ dengan tekanan udara biasa adalah 3 tahun. Bila semen mengandung $MgO > 5\%$ maka tidak akan terjadi pengembangan. Dalam pembuatan semen, selalu dicari bahan batu kapur yang kadar $MgCO_3$ -nya $< 8\%$. Pengujian pengembangan semen yang telah mengeras dilakukan juga dengan uji sifat physis, dan semen yang telah mengeras tersebut pengembangannya tidak boleh lebih besar 0,8% dari ukuran semula.

e. Pembatasan terhadap SO_3

Kadar SO_3 berasal dari gips yang ditambahkan pada klinker semen pada proses penggilingan untuk dijadikan bubuk semen portland. Fungsi gips ini untuk menghambat reaksi C_3A dengan air yang terlalu cepat dan menimbulkan panas. Gilingan klinker semen tanpa ditambahkan gips akan mengeras dalam waktu kurang lebih 10 menit. Oleh karena itu proses pengerasannya perlu diperlambat dengan menggunakan gips kristal ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) yang jumlahnya kurang lebih 4% - 6%. Bila lebih dari itu sifat semennya akan buruk karena gips ini akan bereaksi dengan C_3A yang membentuk senyawa mengembang.

2. Batasan terhadap sifat physis

a. Kehalusan semen

Semen portland harus digiling sedemikian rupa sehingga luas permukaan butirnya spesifik, tiap gramnya lebih dari 2800 cm^2 dan tiap gramnya seberat $280 \text{ m}^2 / \text{kg}$, dan harus lolos ayakan 90 mikron.

Kehalusan butir ini berhubungan erat dengan kecepatan reaksi semen dengan air. Makin halus, maka akan makin cepat demikian pula sebaliknya. Kehalusan semen portland di Indonesia pada umumnya berkisar antara 300 – 350 m²/kg.

- b. Pembatasan waktu ikat atau mulai mengeras
Waktu mulai pengerasan ini diukur dengan alat jarum vicat terhadap pasta semen yang kadar airnya normal. Waktu mulai mengeras ini tidak boleh lebih cepat dari 45 menit agar cukup untuk mulai mengaduk sampai membentuk benda yang terbuat dari semen. Waktu ikat ini sangat dipengaruhi oleh udara sekitar. Batasan waktu minimum 45 menit dan maksimum 375 menit ini untuk suhu udara rata-rata 23 – 30°C. Bila suhu lebih rendah maka waktu ikat semen dapat lebih lambat, demikian pula sebaliknya.
- c. Pembatasan kuat tekan mortar
Bila memperhatikan kuat tekan mortar ini akan jelas terlihat lambat atau cepatnya, perkembangan kekuatan semen, dan terhadap umurnya. Untuk semen type III, perkembangan kuat tekannya lebih cepat daripada type I, type I lebih cepat dari pada type II dan seterusnya, tetapi tidak berarti bahwa yang perkembangan kekuatannya lambat, itu buruk mutunya melainkan untuk mencapai kekuatan yang sama dan perkembangannya lambat memakan waktu lebih lama.
- d. Pembatasan pengikatan semen
Pengujian semen perlu diketahui untuk menguji palsu atau tidaknya suatu pengikatan semen. Pengikatan palsu dapat terjadi akibat berubahnya gips kristal waktu digiling menjadi gips emihydrat sehingga bila bertemu air gips ini akan mengeras (5 – 10 menit). Pengikatan palsu ini bila dipakai untuk beton, maka pada 5 menit pertama akan terlihat bahwa betonnya mulai mengeras, dan sukar dikeluarkan dari mesin pengaduk dan diperkirakan kekurangan air. Tetapi bila

pengadukan dilakukan terus sampai kurang lebih 10 menit atau lebih maka sifat kaku tadi akan hilang. Jadi kerugiannya memakai semen yang memiliki kekuatan palsu memerlukan waktu pengadukan yang lebih lama.

- e. Pembatasan panas hydrasi
Terutama pada type II dan III, pembatasan panas hydrasi telah dijelaskan sebelumnya.
- f. Pembatasan terhadap pemuaihan karena sulfat
Pembatasan ini berlaku untuk semen type V yang harus memiliki ketahanan gangguan sulfat konsentrasi tinggi, maka bila batang semen terbuat dari semen tinggi, tidak boleh rusak atau muai lebih dari 0.040% panjang batang semula.

3. Semen Khusus

a. Semen Portland Pozzolan

Semen portland adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dan pozzolan halus yang diproduksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozzolan bersama-sama dengan kadar pozzolan 15 – 40 % massa semen portland pozzolan.

b. Semen portland putih

Semen portland putih adalah semen hidrolis yang berwarna putih, dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis bersama bahan tambahan yang biasanya adalah gips dan semen portland putih.

BAB IV BETON

A. Definisi Beton

Beton adalah suatu pencampuran bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Komposisi campuran beton terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, dan air yang dapat berupa :

- a. Air + semen = Pasta
- b. Air + semen + Agregat halus = Mortar
- c. Air + semen + Agregat halus + Agregat kasar = Beton

Nilai kekuatan serta daya tahan beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur dan kondisi perawatan pengerasan.

Dalam beberapa perencanaan campuran beton, proporsi semen, air, pasir dan kerikil atau batu pecah diperoleh dari hasil percobaan perhitungan untuk menghasilkan mutu beton yang dikehendaki. Jadi beton yang direncanakan dengan baik harus dapat menunjukkan 3 hal nyata yang menghasilkan:

1. Suatu campuran yang ekonomis.
2. Mudah dikerjakan pada saat masih beton segar.
3. Sifat-sifat yang disyaratkan tercapai setelah mengeras

B. Sifat-Sifat Beton

Sifat-sifat beton perlu diketahui untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan sesuai tuntutan konstruksi dan umur bangunan yang bersangkutan. Pada saat segar atau sesaat setelah dicetak, beton bersifat plastis dan mudah dibentuk. Sedang pada saat keras, beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menerima beban. Sifat beton segar yang baik sangat mempengaruhi kemudahan pengerjaan sehingga menghasilkan beton dengan berkualitas baik. Adapun sifat-sifat beton segar adalah:

1. Workabilitas

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan pembentuk beton. Taiji saji (1984) menguraikan bahwa sifat workabilitas beton segar ditandai dengan enam karakter yaitu : konsistensi, plasticity (plastisitas), placeability (kemudahan dituang), flowability (keenceran), finishability (kemudahan dirapikan), dan pumpability (kemudahan dipompa). Sedang Newman dalam Murdock (1999) menuliskan bahwa sekurang-kurangnya tiga sifat yang terpisah dalam mendefinisikan sifat ini, yaitu:

1. Kompakabilitas, kemudahan beton dipadatkan
2. Mobilitas, kemudahan beton mengalir dalam cetakan
3. Stabilitas, kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan atau dipadatkan.

Tingkat kompakabilitas campuran tergantung pada nilai faktor air semennya. Semakin kecil nilai faktor air semen, adukan beton semakin kental dan kaku sehingga makin sulit

untuk dipadatkan. Sebaliknya semakin besar nilai faktor air semen adukan beton semakin encer dan semakin sulit untuk mengikat agregat sehingga kekuatan beton yang dihasilkan semakin rendah.

Pengamatan workabilitas beton di lapangan pada umumnya dilakukan dengan slump test. Pengetesan ini merupakan petunjuk dari sifat mobilitas dan stabilitas beton. Neville (1981) menuliskan bahwa slump test bermanfaat untuk mengamati variasi keseragaman campuran. Pada beton biasa, pengujian slump dilakukan untuk mencatat konsistensi dalam satuan mm penurunan benda uji beton segar selama pengujian.

Selain itu workabilitas dapat juga diamati dengan mengukur faktor kepadatan, yaitu rasio antara berat aktual beton dalam silinder dengan berat beton dalam kondisi padat pada silinder yang sama. Faktor kepadatan memberikan indikasi bahwa tingkat kemampuan beton tersebut dipadatkan.

Murdock (1986) membuat suatu hubungan antara tingkat workabilitas, nilai slump dan faktor kepadatan adukan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hubungan tingkat Workabilitas, Nilai Slump dan Tingkat Kepadatan Adukan

Tingkat Workabilitas	Nilai Slump (mm)	Faktor Kepadatan
Sangat rendah		
Rendah sampai	0 – 25	0.8 – 0.87
sedang	25 – 50	0.87 – 0.93
Sedang sampai	50 – 100	0.93 – 0.95
tinggi	100 – 175	> 0.95
Tinggi		

Pengukuran workabilitas pada mortar beton dilakukan dengan pemeriksaan meja getar (flow tabel) sesuai dengan ASTM C124-39. Hasil test ini menunjukkan konsistensi mortar dengan mengukur tingkat penyebaran campuran ketika

menerima sentakan pada flow table selama 15 kali dalam 15 detik. Nilai fluiditas didefinisikan sebagai peningkatan diameter penyebaran mortar segar (D dalam cm) dikurangi diameter sebelumnya (10 cm), secara matematis rumus fluiditas adalah sebagai berikut:

$$Flow = \frac{D - 10}{10} \times 100$$

Untuk mortar beton normal nilainya antara 0 – 150%.

2. Bleeding

Bleeding adalah pengeluaran air dari adukan beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen. Sesaat setelah dicetak, air yang terkandung di dalam beton segar cenderung untuk naik ke permukaan. Selanjutnya Power dalam Neville (1981) berpendapat bahwa naiknya air ke permukaan dan bersamaan dengan turunnya bahan ke dasar disebabkan oleh pengaruh gravitasi akibat berat sendiri sebagai fenomena alamiah atau proses “*specific sedimentation*”.

Adapun penyebab bleeding menurut Neville (1981:224) adalah ketidakmampuan bahan padat campuran untuk menangkap air pencampur. Ketika bleeding sedang berlangsung, air campuran terjebak di dalam kantong-kantong yang terbentuk antara agregat dan pasta semen (matriks). Sesudah bleeding selesai dan beton mengeras, kantong-kantong menjadi kering ketika berlangsung perawatan dalam keadaan kering. Akibatnya apabila ada tekanan, kantong-kantong tersebut menjadi penyebab mudahnya retak pada beton, karena kantong-kantong hanya berisi udara dan bahan lembut semacam debu halus.

Bleeding dihitung dengan cara menghitung banyaknya air yang keluar dari sampel beton segar sesaat setelah dicetak.

Prosedur pemeriksaan diatur dalam ASTM C232-58 (1966). Banyaknya bleeding adalah volume air (ml) yang keluar dari suatu luasan permukaan beton (A) atau secara matematis ditulis :

$$\text{Bleeding} = V/A \dots\dots\dots (\text{ml}/\text{cm}^2)$$

3. Segregasi

Segregasi adalah kecenderungan pemisahan bahan-bahan pembentuk beton. Neville (1981:223) menuliskan bahwa terdapat dua bentuk segregasi beton segar yaitu:

- a. Partikel yang lebih kasar cenderung memisahkan diri dari partikel yang lebih halus
- b. Terpisahnya air semen dari adukan

Segregasi sangat besar pengaruhnya terhadap sifat beton keras. Jika tingkat segregasi beton sangat tinggi, maka ketidaksempurnaan konstruksi beton juga tinggi. hal ini dapat berupa keropos, terdapat lapisan yang lemah dan berpori, permukaan nampak bersisik dan tidak merata Murdock (1986) menuliskan bahwa segregasi disebabkan oleh :

- d. Penggunaan air pencampur yang terlalu banyak
- e. Gradasi agregat yang jelek
- f. Kurangnya jumlah semen
- g. Cara pengelolaan yang tidak memenuhi syarat

Pada saat keras, beton diharapkan mampu memikul beban sehingga sifat yang utama dimiliki oleh beton adalah kekuatannya.

1. Kekuatan

Kekuatan beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen dan derajat kekompakannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton :

- a. Perbandingan berat air dan semen
- b. Type dan gradasi agregat
- c. Kualitas semen

d. Perawatan (curing)

Kekuatan beton yang utama adalah kuat tekannya. Nilai kuat tekan beton meningkat sejalan dengan peningkatan umurnya dan pada umur 28 hari, beton mencapai kekuatan maksimal. Nilai kuat tekan beton diukur dengan membuat benda uji berbentuk silinder atau kubus. Pembacaan kuat tekan pada benda uji kubus dan silinder relatif berbeda. Perbandingan kuat tekan silinder dan kubus menurut ISO Standard 3893 – 1977 disajikan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Perbandingan Kuat Tekan antara Silinder dan Kubus

Kuat tekan silinder (Mpa)	2	4	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50
Kuat tekan kubus (Mpa)	2.5	5	7.5	10	12.5	15	20	25	30	35	40	45	50	55

Pada umumnya, beton mencapai kuat tekan 70% pada umur 7 hari, dan pada umur 14 hari, kekuatannya mencapai 85 – 90% dari kuat tekan beton umur 28 hari.

Pengukuran kuat tekan beton didasarkan pada SK SNI M14-1989-F (SNI 03-1974-1990). Pembebanan pada pengujian kuat tekan termasuk pembebanan statik monotorik dengan menggunakan Compressive Test. Beban yang bekerja akan terdistribusi secara kontinue melalui titik berat.

$$f'_{cr} = P / A$$

f'_{cr} = kuat tekan beton rata-rata

P = beban

A = luas penampang

Kuat tarik beton berkisar seperdelapan belas kuat tekannya pada umur masih muda dan berkisar seperduapuluh pada umur sesudahnya. Nilai kuat tekan dan tarik bahan beton

tidak berbanding lurus. Suatu perkiraan kasar dapat dipakai bahwa nilai kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya. Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan $0.50 - 0.60 \text{ kali } \sqrt{f'_c}$, sehingga untuk beton normal digunakan nilai $0,57 \sqrt{f'_c}$.

Pengamatan kuat tarik beton khususnya pada beton bertulang sangat penting pada penentuan kemungkinan pencegahan keretakan akibat susut dan perubahan panas. Sedang untuk beton tidak bertulang, hasil pengujian ini dimanfaatkan dalam perencanaan konstruksi jalan raya dan lapangan terbang serta untuk beton pretegang.

Cara yang digunakan untuk mengukur kuat tarik beton adalah dengan pengujian kuat tarik belah sesuai SK SNI M-60-1990-03 (SNI 03-2492-1991). Spesimen yang digunakan adalah silinder dan ditekan oleh dua plat paralel pada arah diameternya.

Kuat tarik belah dihitung dengan rumus:

$$f'_{ct} = 2P/\pi LD$$

Dimana : f_{ct} = kuat tarik belah (Mpa)

P = beban uji maksimum (N)

L = Panjang benda uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

2. Penyusutan

Proses susut secara umum didefinisikan sebagai perubahan volume yang tidak berhubungan dengan beban. Adapun proses susut pada beton yaitu:

- a. Penyusutan awal, akibat kehilangan air pada proses penguapan dan perembesan melalui acuan.
- b. Penyusutan akibat suhu ketika beton mulai dingin. Penyusutan ini masih dapat diatasi dengan perawatan yang baik. Terjadinya penyusutan akan berakibat retak-retak plastis pada beton.

- h. Retak yang lebih luas dari 0,15 mm tidak akan menimbulkan masuknya air pada tulangan (dapat diabaikan)
- i. Retak-retak sebesar (0,15 – 0,5 mm) perlu diatasi dengan menutup retakan tersebut (dengan emulsi latex dan lain-lain)

3. Keawetan

Keawetan beton merupakan lamanya waktu pada material untuk dapat melanjutkan pemakaiannya seperti yang telah direncanakan. Walaupun terjadi serangan dari luar baik fisik, mekanik dan kimia. Adapun pengaruh-pengaruh luar yang dapat merusak beton adalah pengaruh cuaca (hujan sinar matahari) silih berganti dan daya perusak kimiawi, misalnya air limbah/buangan, air laut, lemak gula dan sebagainya. Untuk mengatasi hal tersebut yaitu :

- a. Permukaan beton harus mulus (misalnya *exposed concrete*)
- b. Tidak porous (rongga) dalam artian pemadatan harus baik.
- c. Menambah bahan tambahan tertentu untuk keperluan khusus.

4. Pengaruh Suhu

Harga koefisien pemuaian suhu pada beton berubah-ubah tergantung banyaknya semen dalam campuran kadar air dan agregat. Untuk maksud praktis dapat diambil sebesar $1,0 \times 10^{-6}$ tiap °C (beton normal).

C. Jenis-Jenis Beton

Beton dapat juga disebut sebagai batu buatan terdiri dari agregat yang diikat menjadi satu oleh pasta semen, yaitu campuran semen dengan air yang setelah beberapa saat menjadi keras. Bilamana butiran-butiran agregat tidak melebihi 4 mm, maka campuran itu disebut mortal. Selama masih dapat dikerjakan, beton itu dianggap masih segar. Beton yang baru dituangkan dan segera dipadatkan disebut beton hijau, sedangkan bila dalam masa mencapai kekerasannya,

yaitu sampai 12 jam setelah selesai pengecoran disebut beton muda.

Beton terdiri dari beberapa jenis dan untuk membedakan jenisnya dapat dilihat berdasarkan

1. Berat volume

Untuk beton jenis ini ditentukan oleh agregat yang dipakai. Beton jenis ini dibagi dalam dua bagian yaitu;

- a. Beton berat
Beton ini mempunyai berat volume lebih besar dari $2,8 \text{ t/m}^3$ dipakai untuk masa yang berat dan dipakai untuk pelindung untuk sinar gama. Beton ini biasa digunakan untuk reactor.
- b. Beton normal atau beton biasa
Dipakai untuk konstruksi tempat tinggal biasa dengan berat volume $1,8 - 2,8 \text{ t/m}^3$. Jenis agregatnya antara lain pasir, kerikil, batu pecah, dan lain-lain.
- c. Beton ringan
Berat volume beton ini $0,6 - 1,8 \text{ t/m}^3$, dipakai untuk pembuatan lapis penyekat suara atau bangunan yang memikul beban ringan.

2. Teknik pembuatan

Berdasarkan teknik pembuatannya, beton dapat dibagi beberapa jenis yaitu;

- a. Beton Biasa
Beton ini langsung dibuat dalam keadaan plastis, cara pembuatannya didasarkan atas beton siap pakai dan beton dibuat dilapangan.
- b. Beton Precast
Beton ini dibuat dalam bentuk elemen-elemen yang merupakan rangka dari suatu konstruksi yang akan dibuat, jadi beton ini dipasang dalam keadaan mengeras.
- c. Beton Prestrest
Beton ini dibuat dengan memberi tegangan dalam pada beton, sebelum beton tersebut mendapat beban luar (kecuali berat sendiri beton).

D. Kelas dan Mutu Beton

Pengelompokan kelas beton dibagi dalam tiga bagian yaitu

1. Beton Kelas I

Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural yang pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan. Pemeriksaan mutu beton kelas I dinyatakan dengan Bo.

2. Beton Kelas II

Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pengawasan tenaga ahli beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standart B1, K125, K175, K225. Pengawasan mutu terdiri dari pengawasan yang ketat terhadap bahan-bahan dengan keharusan untuk memeriksa beton secara kontinyu kecuali H1.

3. Beton Kelas III

Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural dimana dipakai mutu beton dengan kekuatan tekan lebih tinggi dari K225 kg/cm². Dalam pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan memerlukan laboratorium dengan peralatan yang lengkap yang dilayani tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinyu.

Tabel 4.3 Daftar Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (kg/cm ²)	Σ'_{bm} dg.S =46 (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap	
					Mutu agregat	Kekuatan tekan
I	B0	-	-	Non struktural	Ringan	Tanpa
II	B1	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinyu
	K175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinyu
	K225	300	300	Struktural	Ketat	Kontinyu
III	K125	K125	>225	Struktural	Ketat	Kontinyu

E. Bahan-Bahan Pembentuk Beton

Beton terbentuk dari bahan perekat dan bahan pengisi. Bahan pengisi adalah agregat, sedang bahan perekat adalah semen portland dan air.

1. Agregat

Agregat adalah butiran-butiran mineral yang dicampur dengan semen dan air menghasilkan beton. Yang dimaksud dengan butiran-butiran mineral disini adalah pasir, kerikil/batu pecah. Agregat digunakan untuk campuran beton terdiri dari 60% sampai dengan 75% dari volume totalnya. Oleh karena itu perlu dicurahkan cukup perhatian terhadap bahan ini, sebab sifatnya sangat mempengaruhi hasil beton.

Sagel (1994: 148) mengartikan agregat bahwa yang tidak bereaksi adalah bahan-bahan campuran yang saling diikat oleh perekat semen yang pada umumnya agregat yang dipakai adalah pasir, kerikil dan batu-batu pecah.

Selanjutnya Murdock (1999: 27) mengemukakan bahwa agregat adalah batu-batuan, kerikil dan pasir yang memiliki kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin, agresi kimia serta ketahanan terhadap penyusutan.

Aggregat dapat diartikan sebagai bahan pengisi yang tidak ikut aktif dalam proses pengikatan beton, terdiri dari agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil), yang mana kedua bahan tersebut harus memiliki sifat kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan.

Adapun jenis agregat kasar dan halus dapat diperoleh melalui:

- a. Galian alam (*unerehed*) yang diperoleh langsung dari sungai dan gunung.
- b. Buatan (*crushed*) yang diperoleh melalui formasi batuan dengan menggunakan mesin pecah batu (*stone cruser*), sehingga dapat diperoleh agregat berbentuk batu pecah kasar yang berbeda-beda dengan ukuran tertentu ataupun sesuai yang dikehendaki. Pemecahan ini dilakukan dalam tingkatan yang berbeda-beda dari ukuran besar kekecil dan dari jenis bongkahan yang cocok seperti basalt, granit dan kuarsit, dalam prosesnya bongkahan ini diledakan dahulu sampai berupa batu gumpalan, kemudian gumpalan dimasukan kedalam mesin pecah mekanis atau dengan tangan dan dipecahkan sampai mendapat bentuk yang diinginkan.

Agregat relatif murah harganya, dari itu perlu digunakan bahan sebanyak mungkin supaya beton yang dihasilkan ekonomis. Disamping itu pemakaian banyak agregat dapat mengurangi penyusutan akibat mengerasnya beton juga dapat mempengaruhi koefisien ekspansi akibat panas.

Kegunaan agregat:

1. Memberikan kekuatan pada beton
2. Memperkecil penyusutan
3. Memberi sifat tertentu pada beton

Untuk menentukan mutu kualitas agregat tersebut digunakan syarat-syarat mutu menurut PBI -71

1. Agregat Halus
 - a. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai desintegrasi alami dari batuan-batuan atau

berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton, maka agregat halus harus memenuhi satu, beberapa atau semua ayat berikut ini.

- b. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan agregat yang sama tetapi dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
- e. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan, harus memenuhi syarat-syarat :
 - 1) Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat
 - 2) Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 10% berat
 - 3) Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.
- f. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Gradasi agregat halus yang menunjukkan distribusi ukuran butir sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Gradasi ini dapat diperoleh dengan analisa saringan. Bila butir

agregat mempunyai ukuran yang seragam, maka volume pori akan besar. Sebaliknya jika ukuran butir bervariasi, maka akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena ukuran butir yang kecil mengisi pori diantara butiran yang besar. Dengan demikian kepadatan beton yang dihasilkan akan lebih tinggi.

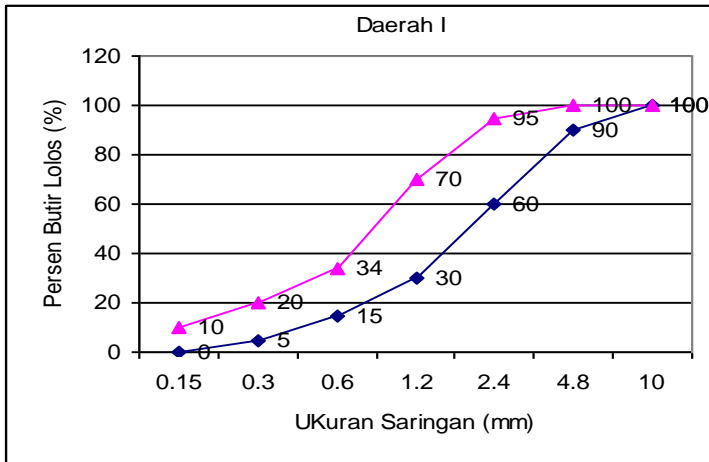
Untuk mengukur kehalusan dan kekasaran butir agregat digunakan parameter modulus kehalusan. Modulus kehalusan adalah jumlah prosentase tertinggal kumulatif pada saringan standar diatas saringan 0,15 mm yang dibagi 100. Nilai kehalusan agregat halus berkisar antara 2,3 dan 3,1 (ASTM C 33).

Gradasi agregat halus yang berasal dari alam diatur pada SK SNI T-15-1990-03 yaitu dengan mengelompokkan dalam empat zone. Rincian karakteristik zone disajikan pada tabel 4.4.

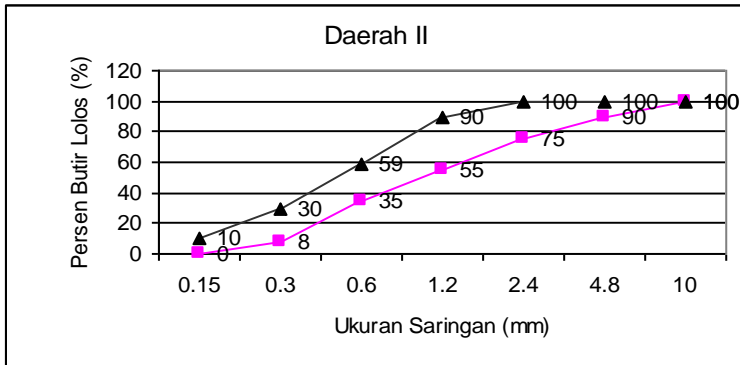
Tabel 4.4 Batas Gradasi Agregat Halus (BS)

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1.2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0.6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0.3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0.15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

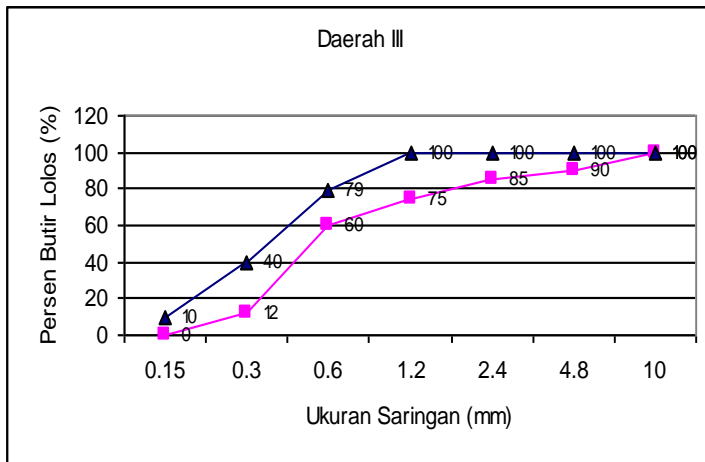
- Keterangan :
- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
 - Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
 - Daerah Gradasi III = Pasir Halus
 - Daerah Gradasi IV = Pasir Agak Halus



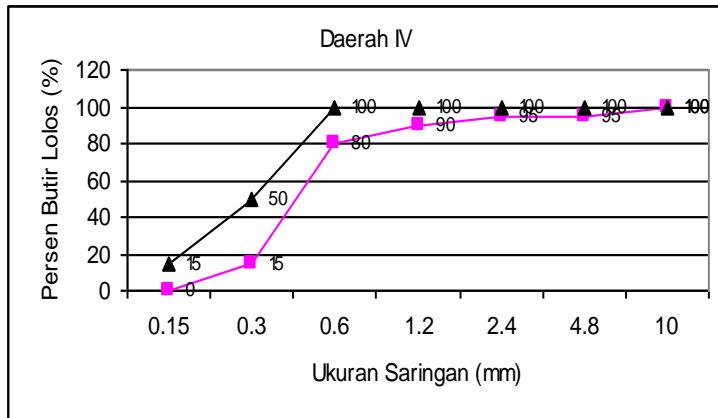
Gambar 4.1 Daerah Gradasi Pasir Kasar
Sumber : Tri Mulyono (2004 : 91)



Gambar 4.2 Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar
Sumber : Tri Mulyono (2004 : 91)



Gambar 4.3 Daerah Gradasi Pasir Halus
Sumber : Tri Mulyono (2004 : 92)



Gambar 4.4 Daerah Gradasi Pasir Agak Halus
Sumber : Tri Mulyono (2004 : 93)

2. Agregat kasar

- a. Agregat kasar untuk beton dapat berupa desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm. Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan

mutu agregat untuk berbagai mutu beton, maka agregat kasar harus memenuhi satu, beberapa atau semua ayat berikut ini.

- b. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang relatif alkali.
- e. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 t, dimana harus dipenuhi syarat-syarat berikut:
 - 1) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi-fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
 - 2) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 -30 mm lebih dari 22%. Atau dengan mesin pengaus Los Angelos, dimana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
- f. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - 1) Sisa diatas ayakan 31,5 mm, harus berat 0% berat.
 - 2) Sisa di atas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat
 - 3) Selisih antara sisa-sisa komulatif di atas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

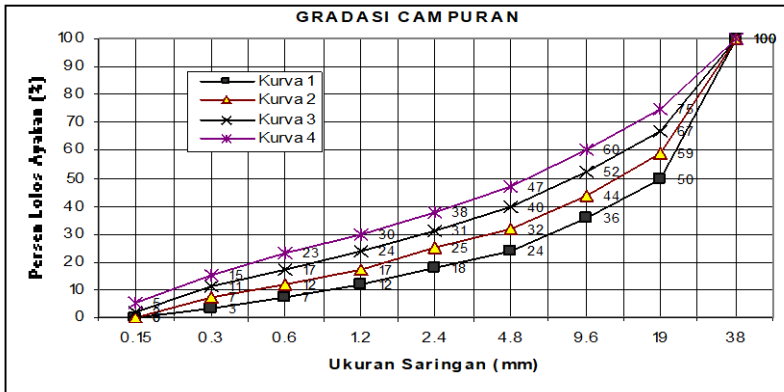
- g. Besar butir agregat maksimum tidak boleh lebih daripada seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal plat atau tiga perempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatasan ini diizinkan apabila menurut penilaian pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kecil.

Gradasi agregat kasar menurut B.S sebaiknya masuk dalam batas yang disajikan pada tabel 4.5.

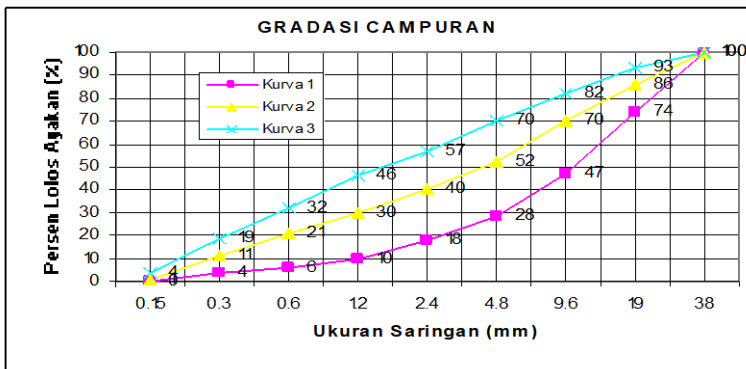
Tabel 4.5 Syarat Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maksimum		
	40 mm	20 mm	12.5 mm
40	95 – 100	100	100
20	30 – 70	95 – 100	100
12.5	-	-	90 – 100
10	10 – 35	25 – 55	40 – 85
4.8	0 – 5	0 – 10	0 – 10

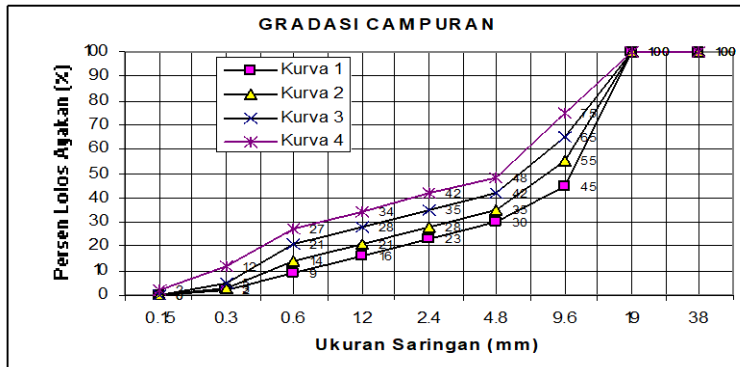
Gradasi yang baik kadang sulit didapatkan langsung dari suatu tempat (quarry). Dalam praktek, biasanya dilakukan pencampuran agar didapatkan gradasi yang baik antara agregat kasar dengan agregat halus. Menurut SK.SNI T-15-1990-03:21 memberikan batasan gradasi yang diadopsi dari B.S seperti yang tercantum dalam grafik berikut :



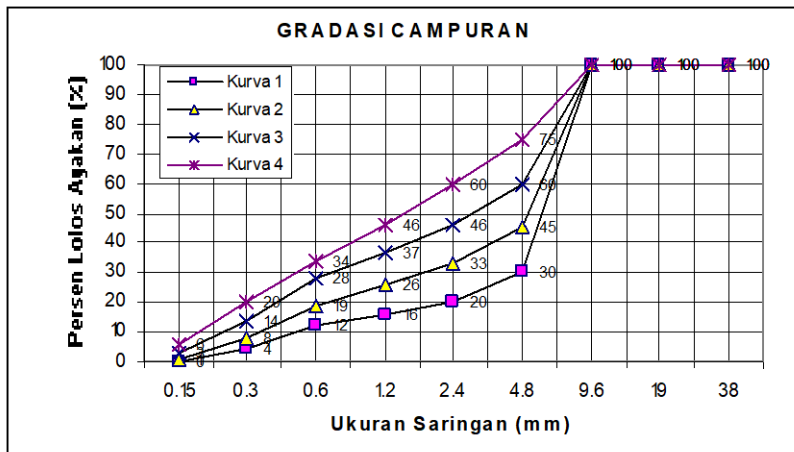
Gambar 4.5 Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 40 mm



Gambar 4.6 Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 30 mm



Gambar 4.7 Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 20 mm



Gambar 4.8 Daerah Gradasi Standard Agregat dengan Butiran Maksimum 10 mm

2. Semen

Semen merupakan bahan terpenting dalam proses terbentuknya beton. Kualitas produksi semen dewasa ini khususnya di Indonesia pada umumnya cukup baik, terutama dalam hal perbandingan kehalusan dan perbandingan kimianya sedemikian rupa sehingga lebih menjamin kualitas semen yang tetap tidak berubah selama pengerjaan suatu konstruksi.

Semen yang dimaksud adalah semen portland (PC) biasa. Adapun semen portland yang lain adalah semen pozzolan, semen pasangan, semen putih dan semen alumina.

Di Indonesia umumnya produksi yang paling sering dipakai di lapangan adalah semen Type I, sedangkan type-type lainnya untuk penggunaan khusus, dan biasanya dipesan khusus dari pabriknya. Syarat mutu dan cara pengujian semen portland harus memenuhi SII 0013-81.

3. Air

Menurut Peraturan Beton Indonesia (PBI 1971), syarat-syarat air untuk beton adalah:

- a. Air tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan organis atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton atau baja tulangan.
- b. Apabila ada keraguan tentang air, dianjurkan membawa contoh air tersebut ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan untuk diuji/test.
- c. Apabila pemeriksaan di lembaga tersebut tak dapat dilakukan, maka air dapat dipakai asalkan campuran semen ditambah air yang memakai air kekuatan tekan paling sedikit 90% dari kekuatan semen ditambah air suling pada umur 7 hari dan 28 hari.

4. Bahan Campuran Tambahan (Aditif)

Aditif adalah bahan-bahan yang ditambahkan kedalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Penggunaan bahan ini adalah bertujuan untuk mengubah sifat beton agar sesuai dengan yang diinginkan atau untuk menghemat biaya.

Contoh penggunaan aditif untuk memodifikasi sifat beton segar adalah :

- a. Menambah sifat kemudahan pekerjaan tanpa menambah atau mengurangi kandungan air dengan sifat pengerjaan yang sama.

- b. Menghambat atau mempercepat waktu pengikatan awal dari campuran beton.
- c. Mengurangi atau mencegah secara preventif penurunan atau perubahan volume beton.
- d. Mengurangi segregasi.
- e. Mengurangi kehilangan nilai slump.

Contoh penggunaan aditif untuk memodifikasi sifat beton keras adalah

1. Menghambat terjadinya pengerasan awal.
2. Mempercepat laju pengembangan kekuatan beton pada umur muda.
3. Menambah kekuatan beton.
4. Menambah keawetan beton atau ketahanan dari gangguan luar seperti serangan garam-garam sulfat.
5. Mengurangi kapilaritas dan permeabilitas.
6. Menambah kekuatan ikatan beton bertulang.

Berbagai tipe aditif menurut ASTM C 494-1990 bahwa bahan tambah kimia untuk campuran beton dibagi atas 7 type yaitu :

Type A : “*Water Reducing Admixture*”

Bahan tambahan yang bersifat mengurangi jumlah air pencampuran beton untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu.

Type B : “*Retarding Admixture*”

Bahan tambahan yang berfungsi menghambat waktu pengikatan beton.

Type C : “*Accelerating Admixture*”

Bahan tambahan yang berfungsi mempercepat pengikatan beton dan pengembangan kekuatan awal beton.

Type D : “*Water Reducing and Retarding Admixture*”

Bahan tambahan yang berfungsi ganda mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan menghambat pengikatan beton.

Type E : “*Water Reducing and Accelarating Admixture*”

Bahan tambahan yang berfungsi ganda mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan beton.

Type F : “*Water Reducing, High Range Admixture*”

Bahan tambahan yang berfungsi ganda mengurangi jumlah air pencampuran hingga 12 % atau lebih untuk mencapai tingkat workabilitas yang tinggi.

Type G : “*Water Reducing, High Range and Retarding Admixture*”

Bahan tambahan yang berfungsi ganda mengurangi jumlah air pencampuran lebih dari 12% untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.

Penggunaan bahan tambahan beton perlu disesuaikan dengan kondisi lingkungan beton dikerjakan. Pada lingkungan yang sangat panas dan kelembaban rendah biasanya digunakan bahan untuk mempercepat pengerasan.

F. Perencanaan Campuran Beton

Perancangan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun ini ditentukan melalui sebuah perhitungan (*mix design*). Dalam menentukan proporsi campuran digunakan standar sesuai SK SNI.T-15-1990-03 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.

Perhitungan ini dilakukan dengan berdasarkan kekuatan tekan rencana serta workabilitas yang digunakan. Dua indikator ini sangat kontradiktif, dimana kekuatan beton akan meningkat jika penggunaan air pada pencampuran rendah. Namun demikian workabilitas yang dicapai juga rendah sehingga sulit dikerjakan. Sebaliknya jika workabilitas yang

direncanakan tinggi, jumlah air yang digunakan tinggi sementara kuat tekan yang dihasilkan menjadi lebih rendah.

Pemilihan agregat juga mempengaruhi sifat pengerjaan. Butiran yang besar akan menyebabkan segregasi. Sedangkan butiran yang kecil menyebabkan kuat tekan beton yang rendah.

G. Pengecoran Beton

Menurut Winter (1993:11), pengecoran beton adalah proses menuangkan beton segar dari alat pengangkut ke dalam cetakan-cetakan, sebelum beton dituang ke cetakan, karat yang terdapat pada baja penguat harus dihilangkan, cetakan harus dibersihkan, dan pecahan material beton yang telah mengeras akibat pengangkutan sebelumnya harus dibersihkan. Pengecoran yang baik harus dapat menghindari terjadinya pemisahan perubahan bentuk cetakan atau pergeseran baja penguat dalam cetakan, maupun terjadinya hubungan yang jelek antara lapisan-lapisan pengecoran beton, segera setelah dilakukan pengecoran beton harus dipadatkan dengan memakai alat pemadat yang dapat digerakkan dengan tangan atau vibrator.

H. Pemadatan Beton

Menurut Murdock (1999:216-217), tujuan pemadatan beton adalah untuk menghilangkan rongga-rongga udara dan untuk mencapai kepadatan yang maksimal. Pemadatan juga menjamin suatu pelekatan yang baik antara beton dengan permukaan baja tulangan atau bahan lain yang ikut di cor.

Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Pemadatan dengan tangan
Cara pemadatan biasa dengan tangan dapat dilakukan dengan jalan menusuk-nusuk dengan alat yang tepat, seperti dengan balok yang besar dan tongkat baja.
2. Pemadatan dengan mesin getar

Mesin getar dalam (internal vibro) kadang-kadang disebut dengan poker (tongkat) atau vibrator (mesin getar) yang dapat dicelupkan ke dalam beton, ternyata mempunyai efisiensi yang besar daripada mesin getar lainnya. Karena semua energi langsung disalurkan kepada betonnya. Hal-hal yang diperhatikan dalam penggunaan mesin getar yaitu:

- a. Mesin getar dalam (*intern vibro*) umumnya harus disisipkan vertikal, atau kira-kira demikian, pada tempat-tempat 450 mm sampai 750 mm jauhnya. Alat ini harus ditarik perlahan-lahan dengan kecepatan (pemisahan butir).
- b. Vibrator (mesin getar) jangan digunakan untuk mendorong beton secara lateral ke dalam acuan (*form*). Oleh karena itu menimbulkan segregasi pemisahan butir).
- c. Jangan menggunakan vibrator lebih dekat dari 100 mm pada permukaan acuan agar mendapatkan penampilan yang seragam (uniform).

I. Perawatan Beton

Perawatan beton ini dapat dilakukan dengan pembahasan atau penguapan (*steam*) serta dengan menggunakan membran. Pemilihan cara mana yang digunakan semata-mata mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan.

Pembahasan dilakukan di laboratorium ataupun di lapangan. Pekerjaan perawatan dengan pembahasan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

1. Menaruh beton segar dalam ruangan yang lembab
2. Menaruh beton segar dalam genangan air
3. Menaruh beton segar dalam air
4. Menyelimuti permukaan beton dengan air
5. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah
6. Menyirami permukaan beton secara kontinyu
7. Melapisi permukaan beton dengan air dengan melakukan *compound*

Cara 1, 2, dan 3 digunakan untuk contoh uji. Cara 4, 5, 6 digunakan untuk beton di lapangan yang permukaannya mendatar, sedangkan cara 7 digunakan untuk yang permukaannya vertikal. Fungsi utama dari perawatan beton adalah untuk menghindarkan beton dari :

1. Kehilangan air-semen yang banyak pada saat-saat *setting time concrete*
2. Kehilangan air akibat penguapan pada hari-hari pertama
3. Perbedaan suhu beton dengan lingkungan yang terlalu besar

Untuk menanggulangi kehilangan air dalam beton ini dapat dilakukan langkah-langkah perbaikan dengan perawatan. Pelaksanaan *Curing Compound*, sesuai dengan ASTM C.309, dapat diklasifikasikan menjadi:

1. Tipe I, *Curing Compound* tanpa Dye, biasanya terdiri dari parafin sebagai selaput lilin yang dicampur dengan air.
2. Tipe I-D, *Curing Compound* dengan *Fugitive Dye* (warna akan hilang selama beberapa minggu)
3. Tipe II, *Curing Compound* dengan zat berwarna putih.

Di pasaran, kita dapat menjumpai beberapa merek sikament, misalnya *Antisol Red* (termasuk tipe I-D), *Antisol White* (termasuk tipe II) dan *Antisol E* (termasuk Tipe I, *non pigmented curing compound*). *Curing compound* ini selain berguna untuk perawatan pada daerah vertikal juga berguna untuk daerah yang mempunyai temperatur yang tinggi, karena bersifat memantulkan (terutama Tipe I)

J. Pengukuran Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton biasanya diperoleh melalui uji kubus beton 15 x 15 x15 cm atau silinder dengan ukuran 15 x 30 cm yang disiapkan pada saat pencoran adukan dilakukan. Dalam hal khusus dimana beton telah mengeras dan perlu dilakukan uji kuat tekan beton untuk keperluan evaluasi atau kepastian kualitas setelah struktur berdiri. Uji lapangan ini memiliki tata cara pelaksanaan dan evaluasi tertentu.

Tentang pengujian kuat tekan beton oleh Yunaefy (1996:145) dikemukakan bahwa pengujian kuat tekan beton dimaksudkan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton melalui benda uji kubus atau silinder beton dengan umur pengujian tertentu. Dan apabila mutu pelaksanaan beton tepat dan benar maka didapat mutu beton sesuai yang diinginkan.

AM. Neville (1981:529) untuk uji kuat tekan beton ada tiga tipe yang biasa digunakan yaitu kubus, silinder dan prisma. Kubus umumnya digunakan di Inggris, Jerman dan Negara-negara lain di Eropa. Silinder adalah model standar di Amerika, Prancis, Kanada, Australia dan Selandia Baru. Untuk sekarang ini khususnya dalam penelitian silinder lebih banyak digunakan dibanding kubus.

Untuk pengujian kuat tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan alat tekan beton yaitu Compression Strength Machine, dimana alat ini menekan beton sampai hancur untuk mendapatkan nilai kuat tekan benda uji kubus atau silinder.

Dan untuk uji lapangan pada beton yang diragukan kualitasnya dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji yang tidak merusak (*non destructive test*). Adapun jenis-jenis alat uji lapangan yang tidak merusak beton (*non destructive test*) adalah sebagai berikut:

1. Hammer test
2. Ultrasonic apparatus
3. Pull out test
4. Mini core drill
5. Penetration resistance test
6. Internal fracture test
7. Break off test
8. Pull off test
9. Chemical test loading test

Perlu diketahui bahwa tingkat kehandalan pada hasil uji lapangan banyak ditentukan oleh variasi jumlah dan cara pengambilan sampel. Pada umumnya beton yang rusak akibat kebakaran atau gempa sudah berumur lebih dari 28 hari,

sehingga beberapa alat uji yang tersedia di pasaran pada umumnya dapat digunakan. walaupun alat uji yang tersedia dapat digunakan namun tingkat keandalannya berbeda-beda. Dan salah satu dari alat uji yang telah disebutkan di atas adalah Hammer Test yang akan digunakan dalam penelitian ini, karena cara ini paling sederhana, ringan dan mudah dilakukan.

1. Compression Strength Machine

Compression Strength Machine adalah salah satu alat pengujian kuat tekan beton yang lebih dikenal dengan mesin tekan dengan kemampuan 2500 KN. Alat ini berfungsi untuk mengetahui nilai kuat tekan beton melalui benda uji kubus atau silinder beton dengan umur pengujian tertentu.

Menurut Yunaefi (1996:145) dijelaskan bahwa dengan menekan benda uji sampai hancur pada mesin tekan beton akan didapatkan beban hancur beton. Dan kemudian besarnya beban hancur ini dibagi dengan luasan permukaan benda uji yang tertekan maka akan didapatkan besarnya tegangan tekan beton. Dengan kata lain kuat tekan beton adalah beban persatuan luas yang menyebabkan beban beton hancur.

Kemudian dijelaskan oleh Kardiyo (2000) untuk pengujian kuat tekan beton, permukaan benda uji harus dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran-kotoran debu atau butir-butir pasir yang menghalangi menempelnya permukaan mesin ke permukaan beton. Permukaan bagian mesin uji tekan juga harus dibersihkan dengan tujuan serupa. Kemudian taruhlah benda uji beton pada tempatnya di mesin uji tekan sedikit demi sedikit didekatkan permukaan *bearing block* sampai menyentuh benda uji. Selanjutnya, beri beban ke benda uji secara perlahan-lahan agar tidak terjadi kejutan. Kecepatan pembebanan kemudian dijaga sekitar 14 MPa permenit (jadi jika kuat tekan beton sebesar 28 MPa maka lama penekanan adalah 2 menit) (concrete manual, 1981). Beban tekan maksimum dicatat, demikian juga bentuk pecah dan sudut retak dicatat.

2. Hammer Test

Hammer test adalah suatu alat yang dipantulkan ke permukaan beton untuk mengukur atau mengetahui besarnya kuat tekan beton keras dengan cepat dan praktis tanpa merusak beton. Hammer test digunakan untuk mengevaluasi mutu beton pada bangunan jadi yang diragukan kualitasnya oleh pengerjaan yang tidak sesuai dengan mutu beton yang direncanakan.

Hammer test merupakan sebuah alat tes beton yang mudah dalam penggunaannya. Karena kecepatan dan keakuratan hasil yang didapatkan dari pantulan terhadap permukaan beton yang diuji.

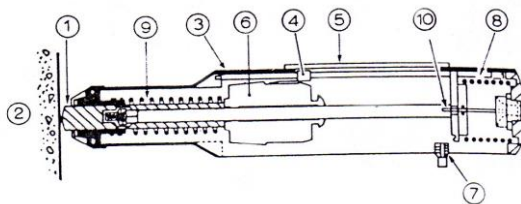
Priyosulistyo (2000), menjelaskan bahwa penggunaan Hammer test adalah cara pengujian tekan beton paling sederhana, ringan dan mudah dilakukan. Sekalipun cara ini tidak masuk di dalam rekomendasi SNI'92.

Jarak pantulan suatu massa terkalibrasi (yang digerakkan oleh pegas) yang mengenai permukaan benda uji digunakan sebagai kriteria kekerasan beton. Kemudian kekerasan beton ini dihubungkan dengan kuat tekan beton normal. Sehingga apabila kekerasan beton tidak relevan dengan kekuatan beton normal, maka hasil pengujian alat ini perlu dilakukan kalibrasi tersendiri.

Prinsip kerja dari alat ini adalah berdasarkan pada pantulan tumbukan dari hammer test pada piston yang sesaat melawan permukaan benda uji dari beton. Pantulan balik permukaan yang keras akan memberikan hasil yang lebih tinggi daripada permukaan yang lemah, oleh karenanya pengambilan titik pemukulan tidak boleh berada tepat di atas tulangan yang diameternya cukup besar dan letaknya dangkal atau pada permukaan searah dengan arah pencoran beton. Massa elemen struktur berpengaruh pada hasil pengamatan yang lebih tinggi.

Alat ini mengganggap beton cukup homogen, sehingga perubahan mutu beton di bagian dalam tidak dapat ditunjukkan oleh alat ini. Pengujian dapat dilakukan dengan posisi tegak (ke arah atas atau bawah) atau datar. Kalibrasi alat ini sebaiknya dilakukan pada saat menjelang dan selesai digunakan. Setiap permukaan yang akan dipukul terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran-kotoran, digerinda hingga rata.

Setiap titik pemukulan tidak boleh dipukul lebih dari satu kali. Disekitar titik pengamatan (pada radius 30 cm) dilakukan beberapa pemukulan yang hasilnya kemudian dirata-ratakan. Semakin banyak titik pengamatan semakin baik hasil yang diperoleh. Pengetesan bertujuan untuk mengetahui kekuatan beton berdasarkan reaksi pantulan balik terhadap beton yang diuji dan bagian-bagian dari beton yang tidak cukup kuat atau padat.



Gambar 4.9 Hammer Test

Keterangan :

- | | | |
|--------------------|---|-----------------|
| 1. Plunger | = | Pengisapan |
| 2. Concrete | = | Beton/benda uji |
| 3. Tubular housing | = | Berbentuk pipa |
| 4. Rider | = | |
| 5. Scale | = | Skala pembacaan |
| 6. Mass | = | Pemberat |
| 7. Release button | = | Tombol |
| 8. Spring | = | Per |
| 9. Spring | = | Per |
| 10. Catch | = | Penangkap |

K. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Sifat – sifat beton dapat direncanakan berdasarkan sifat material penyusunnya. Mix design adalah pemilihan bahan bahan penyusun beserta proposinya. Proposi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan berikut:

1. Kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen);
2. Keawetan;
3. Kuat tekan;
4. Ekonomis

Tata cara pembuatan rancangan campuran beton normal diatur oleh Badan Standardisasi Nasional dalam SNI 03-2834-2000. Penyusunan rancangan campuran beton menghasilkan uraian seperti gambar.

Secara umum rancangan campuran beton menghasilkan penggunaan agregat dengan volume tertentu dalam 1 m³ beton. Sebagai contoh untuk volume 1 m³ beton dengan kekuatan k-250, maka diperoleh kebutuhan material sebagai berikut: berat total = 2330 kg air = 180 ltr semen = 327,3 kg agregat halus = 875 kg agregat kasar = 947,7 kg

Formulir Perencanaan Campuran Beton

No. ---	Uraian ---	Tabel/Grafik/ Perhitungan	Nilai ---
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder/kubus)	Ditetapkan	... MPa pada 28 hari Bagian cacat 5 persen, $k=1,64$
2	Deviasi Standar	Butir 4.3.2.1.1),(2 tabel 1)	... MPa atau tanpa data
3	Nilai tambah (margin)	Butir 4.2.3.1.2)	... Mpa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	Butir 4.2.3.1.3)	$1,64 \times \dots = \dots \text{ MPa}$
5	Jenis semen	Ditetapkan	$\dots + \dots = \text{MPa}$
6	Jenis agregat : • kasar • halus		...
7	Faktor air semen bebas	Tabel 2	Ambil nilai yang terendah
8	Faktor air semen maksimum	Grafik 1 atau 2	...
9	Slump	Butir 4.2.3.2. 2)	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	... mm
11	Kadar air bebas	Butir 4.2.3.3	... mm
12	Jumlah semen	Ditetapkan Butir 4.2.3.4	... kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	Tabel 3	... kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	Butir 4.2.3.4	11 : 8 atau 7
15	Faktor air semen yang disesuaikan	Ditetapkan	... kg/m ³
16	Susunan besar butir agregat halus	Ditetapkan	... kg/m ³ (pakai bila lebih besar dari 12, lalu hitung 15)
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Butir 4.2.3.2	...
18	Persen agregat halus	Tabel 4,5,6	...
19	Berat jenis relative, agregat (kering permukaan)	•	Daerah gradasi susunan butir 2
20	Berat isi beton	Grafik 3 s/d 6	
21	Kadar agregat gabungan	Grafik 7, 8, 9 atau Tabel 7	
22	Kadar agregat halus	Grafik 10, 11, 12	
23	Proporsi campuran:	Grafik 13 s/d 15 atau perhitungan	... persen
24	• tiap m ³ • tiap campuran uji m ³	Diketahui/dianggap	...
25	Koreksi proporsi campuran	Grafik 16	... kg/m ³
		20•(12+11)	... • ... = ... kg/m ³
		18x21	... x ... = ... kg/m ³
		21•22	... • ... = ... kg/m ³
		Semen Air (kg/lt)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan
		(kg)	Halus Kasar
			(kg) (kg)

Gambar 4.10. Formulir Rancangan Campuran Beton

BAB V

BEKESTING BETON BERTULANG

A. Bekisting

Menurut Astanto (2001:1) : bekisting adalah konstruksi penyangga atau wadah cetakan beton yang berfungsi untuk menampung dan menumpu beton basah yang sedang dicor berdasarkan tempat, sesuai bentuk yang diharapkan”.

Pada umumnya sebuah bekisting merupakan sebuah konstruksi yang bersifat sementara dengan tiga fungsi utama, yaitu:

1. Untuk memberi bentuk kepada sebuah konstruksi beton.
2. Untuk memperoleh struktur permukaan yang diharapkan.
3. Untuk memikul beton sampai konstruksi tersebut cukup keras untuk memikul berat sendiri.

Bekisting atau acuan harus sesuai dengan bentuk beton yang diinginkan, bekisting juga harus kuat dan kokoh sehingga pada saat pengecoran tidak terjadi perubahan bentuk pada beton. Pada bagian dalam bekisting diberi pelumas supaya gampang dibuka dan air campuran beton tidak menyerap pada papan bekisting yang akan menimbulkan kekuatan beton berkurang. Material bekisting yang umum digunakan adalah mutipleks, kayu dan baja.

Dari segi biaya, pemakaian mutipleks ternyata lebih murah karena harga kayu terus naik. Kelebihan bahan ini adalah lebih kuat dari kayu lunak untuk ukuran papan tipis,

permukaan beton yang dihasilkan pun lebih halus, mudah dibentuk sesuai dengan lebar permukaan beton. Papan multipleks biasanya lebih ringan, licin, dan luas, sehingga papan multipleks dapat dipakai berkali-kali.

Pembongkaran bekisting harus dikerjakan secara hati-hati dan sesuai perhitungan, agar beton yang belum mengeras dan belum cukup kekuatannya tidak runtuh. Semakin banyak menggunakan semen yang cepat pengerasannya semakin mempercepat proses pembongkaran bekisting. Waktu pembongkaran bekisting ditentukan pula oleh kekuatan dan beban yang disanggah.

B. Bahan Pembuatan Bekisting

1. Kayu

Termasuk dalam sifat-sifat yang menguntungkan dari kayu adalah:

- a. Kekuatan yang besar pada suatu massa volumik yang kecil.
- b. Harga yang relatif rendah dan dapat diperoleh dengan mudah.
- c. Mudah dikerjakan dan alat-alat sambung yang sederhana.
- d. Isolasi termis yang sangat baik.
- e. Dapat dengan baik menerima tumbukan-tumbukan dan getaran-getaran serta penanganan yang kasar di tempat pendirian sebuah bangunan.

Termasuk dalam sifat-sifatnya yang tidak menguntungkan adalah:

1. Anisotrop (memiliki sifat yang tidak sama dalam semua arah).
2. Tidak homogen (serat-seratnya tidak terbagi rata pada kayu).
3. Menyusut dan mengembangnya kayu. Perubahan ukuran dibawah pengaruh pergantian cuaca.
4. Tahanannya terhadap retakan dan geseran kecil sekali.
5. Keterbatasan dalam ukuran-ukuran.
6. Kemungkinan penggunaan ulang yang terbatas (sebagai permukaan kontak sekitar 2-6x)

7. Kekuatannya akan berkurang, sejalan dengan lebih membasahnya keadaan. Suatu kadar basahan 21% dan lebih tinggi dari ini dapat menimbulkan busukan kayu.
8. Dalam sementara kasus perubahan warna dari permukaan beton. Hemiselulose yang terdapat dalam kayu dapat mudah memisahkan gula di bawah pengaruh cahaya ultraviolet. Gula ini dan polisakarid (*polysacharide*) yang ditemukan dalam kayu dapat larut dalam air dan dapat mengganggu pengerasan semen. Pengalihan ke dalam gula disertai dengan menguningnya kayu dan menjurus kepada pengubahan warna dari beton. Buncak-buncak dapat berbekas hingga 3 cm dalam permukaan beton dikarenakan tingginya kadar hemisulose dan dikarenakan asam glukoron (*glucuron*).

Berbagai pengaruh dari basahan terhadap kayu adalah mengeringnya kayu akan mengakibatkan penyusutan terhadap dinding-dinding sel, penyerapan basahan akan mengakibatkan pengembangan. Karenanya kayu sendiri pun akan menyusut. Penyusutan dan pengembangan kayu tidak akan sama dalam arah yang berlainan (masalahnya kayu itu anisotropis).

Semakin bertambahnya basahan dalam serat-serat kayu akan membuat semua ini menjadi lembek, sehingga sifat-sifat kekuatannya akan menjadi berkurang. Yang paling banyak terpengaruh adalah kekuatan tekanan yang sejajar dengan arah serat dan yang paling sedikit terpengaruh adalah modulus kekenyalan.

Beberapa sifat kayu dipengaruhi oleh kejadian-kejadian dari luar, diantaranya adalah dikarenakan basahan dan dikarenakan laju waktu.

2. Baja

Dalam teknik bekisting, material baja digunakan dalam berbagai bentuk dan kualitas. Sudah lama kita mengenalnya dipakai dalam alat-alat penghubung, tetapi juga selaku material pembantu atau komponen pembantu pada bekisting tradisional hingga sepenuhnya selaku konstruksi penyangga

dan konstruksi bekisting. Dibanding material lain yang biasa digunakan, hal-hal menguntungkan berikut ini dapat kita peroleh dari baja:

1. Kekuatan yang tinggi
2. Kekuatan yang tinggi (modulus kekenyalannya besar)
3. Susunannya homogen dan isotrop
4. Kekerasannya yang tinggi dan tahan terhadap keausan
5. Dapat diperoleh dalam berbagai bentuk, baja sangat sesuai bagi pembuatan sambungan-sambungan dan untuk digabung dengan material-material lain
6. Dapat digabung dengan logam campuran, untuk memperbaiki sifat-sifat material tertentu
7. Tahan terhadap lingkungan dasar dari spesi beton, dengan suatu nilai PH antara 10 -12
8. Apabila tidak lagi memenuhi tujuan yang diharapkan dari padanya, ia memiliki suatu nilai sisa selaku besi tua

Dibawah ini menyusul beberapa hal yang tidak menguntungkan.

1. Berat massa yang tinggi (sekitar 7850 kg/cm^3)
2. Pembentukan karat
3. Hantaran termis yang besar
4. Pada umumnya pembuatan dan penyusunannya harus dilaksanakan dalam sebuah tempat kerja yang khusus disiapkan untuk itu.

Untuk meniadakan beberapa diantara hal-hal yang tidak menguntungkan ini telah dikembangkan cara-cara yang diarahkan padanya. Sifat-sifat baja yang terpenting untuk penggunaan bekisting adalah :

1. Kekuatan tarik, batas lumer atau batas rentang, modulus kekenyalan dan kekokohan.
2. Kekerasan,
3. Ketahanan pada muatan yang berubah-ubah atau dinamis. Karena baja sangat sesuai untuk menyebarkan getaran, sebuah bekisting yang terbuat dari baja sangat cocok untuk penggunaan dengan penggetar-penggetar bekisting.

3. Bahan-Bahan Buatan

Bahan-bahan buatan digunakan pula sebagai pelapis bekisting (bekisting kontak), sebagai panel, sebagai foli, sebagai elemen pengurang berat (bekisting hilang) atau sebagai elemen hiasan. Sifat-sifat berikut telah membuat bahan-bahan buatan tepat untuk digunakan pada sebuah bekisting diantaranya yaitu :

1. Tahan terhadap korosi
2. Tahan ketukan dan tahan aus
3. Dapat dengan mudah digentuk
4. Berat massanya rendah
5. Dapat mengelak air

Berdasarkan sifat-sifat yang dimilikinya, bahan-bahan buatan dibagi tiga kelompok yaitu thermoplast, thermohardener, dan elastomer.

1. Thermoplast

Thermoplast menampakkan sejumlah molekul panjang dalam bentuk serat. Pada suatu temperatur tertentu bahan buatan ini akan menjadi cair. Tanpa terjadi perubahan kimiawi, termoplast dapat berulang kali dipanaskan dan didinginkan kembali. Pada pemanasan, termoplast akan berubah kenyal atau cair liat. Pada temperatur yang lebih tinggi lagi mereka akan terurai oleh pembakaran.

Dengan bantuan sebuah mesin, material ini dapat diberi suatu bentuk tertentu. Setelah didinginkan, material ini akan menjadi keras dan kaku. Karena kepekaannya terhadap temperatur, setiap thermoplast memiliki suatu temperatur kegunaannya sendiri. Thermoplast menampakkan suatu gejala penyusutan. Dibandingkan dengan material-material lain, antara lain koefisien muai termisnya adalah tinggi dan modulus kekenyalannya rendah. Dikarenakan sifat-sifat ini, setiap thermoplast tidak memadai sebagai bekisting yang berdiri sendiri. Mereka antara lain digunakan sebagai foli, helai-helai dan pelat-pelat untuk pelapis sebagai bekisting kontak dalam bentuk rata maupun bergambar.

2. Thermoharder

Thermoharder yang diberi perkuatan kita penggunaan untuk bekisting yang berdiri sendiri, seperti misalnya bentukan-bentukan beton yang rumit dan untuk tujuan sebuah mal bagi elemen-elemen beton, lantai tipe kotak dan pelat pelapis dinding luar. Thermoharder yang tidak diberi perkuatan digunakan dalam bentuk busa antara lain dalam elemen-elemen (dinding) sandwich.

Untuk pembuatan bekisting bagi GUP dan GEP kita memerlukan suatu mal induk, yang biasanya dibuat dari ari kayu. Mal untuk ini harus dibuat sangat licin, mudah dilepas sedangkan sudut-sudut tajam dibulatkan dengan sebuah jari-jari yang berukuran kira-kira 5 mm. Model yang dibuat dengan ini dari polyester yang diberi perkuatan harus dibiarkan mengeras selama beberapa waktu. Kemudian permukaannya dapat kita poles dan menjelang pencoran beton, diberi suatu lapis lilin dan suatu bahan pelepas bekisting.

3. Elastomer

Dalam konstruksi-konstruksi beton, elastomer digunakan sebagai jalur-jalur siar, foli, jalur-jalur celah dilatasi dan peletak jembatan. Penggunaannya dalam teknik bekisting adalah terbatas sampai pada pelapis untuk mal elemen-elemen beton (CR), dikarenakan ketahanannya terhadap keausan. Beberapa jenis elastomer, seperti karet butyl (HR), tidak begitu tahan terhadap minyak, hendaknya kita memperhatikan hal ini dalam menggunakan jenis bahan pelepas bekisting yang berintikan minyak.

BAB VI

BAHAN BANGUNAN

PEMBENTUK DINDING

A. Batu Bata

1. Bahan Dasar

Beberapa bahan dasar dari pembuatan batu merah adalah :

- a. Tanah liat (lempung) 6 bagian berat yang mengandung silika 50% -70%.
- b. Sekam padi (serbuk kayu) 2 bagian berat. Fungsinya adalah
 - Pengalas pencetakan pada tanah.
 - Pembentuk pori-pori pada batu merah.
- c. Kotoran binatang 1 bagian berat. Fungsinya adalah
 - Melunakkan tanah.
 - Membantu proses pembakaran di dalam batu merah.
- d. Air 4 bagian berat, untuk melunakkan dan merendam tanah.
- e. Pasir/semen merah, sebagai bahan tambahan menurut keperluan.

2. Proses Pembuatan

Proses pembuatan dilakukan dengan dua cara yaitu : cara tradisional (industri rumah tangga) dan cara mekanis.

Untuk pembuatan secara tradisional dilakukan sebagai berikut:

- a. Bahan dasar (tanah liat, sekam, kotoran binatang dan air) diaduk sampai rata. Bahan lain yang dapat menurunkan kualitas dikeluarkan.

- b. Campuran (adukan) yang telah bersih direndam selama 1 x 24 jam.
- c. Dilakukan pencetakan di atas permukaan tanah yang sudah diberi sekam padi sebagai alas. Cetakan terbuat dari kayu atau baja. Pencetakan dilakukan pada musim kemarau, di bawah sinar matahari.
- d. Setelah keras, batu bata dibalik agar kering pada dua sisi.
- e. Ditumpuk pada tempat terlindung (10-15 batu). Kemudian batu diangin-anginkan kurang lebih 2 – 7 hari.
- f. Setelah batu mentah kering, ditumpuk untuk dilakukan pembakaran pada suhu $\pm 800^{\circ}\text{C}$ selama 4 – 5 hari.
- g. Bahan bakar yang biasa digunakan adalah kayu bakar dan sekam padi. Sedangkan untuk tungkunya dibentuk langsung di batu bata.

Selanjutnya untuk pembuatan secara mekanis dilakukan sebagai berikut:

- a. Bahan dasar berupa tanah liat yang mengandung pasir. Penggalian menggunakan mesin (sovel).
- b. Tanah liat dicampur air, dibentuk bulatan-bulatan, dipotong-potong dan digiling menjadi adonan yang homogen.
- c. Adonan dimasukkan ke dalam mesin dan memerah menjadi batangan. Selanjutnya dipotong dengan kawat sehingga bentuk dan ukurannya tepat.
- d. Batu merah yang masih mentah dikeringkan dengan suhu $37 - 200^{\circ}\text{C}$ selama 24 – 48 jam dalam dapur pengering.
- e. Pembakaran dilakukan dengan suhu 1000°C selama 24 jam.
- f. Didinginkan selama 48 -72 jam.
- g. Batu hasil pembakaran dipilih/disortir.
- h. Siap untuk diperdagangkan.

3. Standar Mutu Batu Merah

Untuk standar mutu bata merah di Indonesia mengacu pada peraturan berikut:

- a. SI -10, bata merah sebagai bahan bangunan.

- b. SII No. 0021 – 88.
- c. PUBI, SNI No:15 – 2094 – 2000

4. Standar Mutu Batu Merah

Berdasarkan kekuatannya klasifikasi batu merah dibagi dalam enam kelas yaitu:

- a. Kelas 25
- b. Kelas 50
- c. Kelas 100
- d. Kelas 150
- e. Kelas 200
- f. Kelas 250

5. Syarat Mutu Batu Merah

- a. Tampak luar
 - 2)Rusuk siku-siku dan tajam
 - 3)Bidang-bidang datar/rata
 - 4)Tidak retak-retak
- b. Ukuran
 - 1)Ukuran batu merah standar

Tabel 6.1 Ukuran Bata Merah Standar

MODUL	Ukuran (mm)		
	Tebal	Lebar	Panjang
M – 5a	65	90	190
M – 5b	65	110	190
M – 6	55	140	230

- 2)Penyimpangan ukuran

Tabel 6.2 Penyimpangan Ukuran Maksimum

Kelas	Penyimpangan ukuran maksimal (mm)					
	M – 5a □ □ M -5b			M – 6		
	Tebal	Lebar	Panjang	Tebal	Lebar	Panjang
25	2	3	5	2	3	5
50	2	3	5	2	3	5
100	2	3	4	2	3	4
150	2	2	4	2	2	4
200	2	2	4	2	2	4
250	2	2	4	2	2	4

c. Garam yang dapat larut dan membahayakan

Garam yang dapat larut dan membahayakan tidak boleh menyebabkan lebih dari 50% permukaan bata tertutup akibat pengkristalan garam tersebut.

d. Kuat tekan

Tabel 6.3 Kuat Tekan Rata-Rata dan Koefisien Variasi

Kls	Kuat tekan rata-rata minimum 30 buah bata yang diuji		Koefisien variasi yang diizinkan dari rata-rata kuat tekan bata yang diuji (%)
	Kg/cm ²	N/mm ²	
25	25	2,5	25
50	50	5	22
100	100	10	22
150	150	15	15
200	200	20	15
250	250	25	15

6. Pengujian Mutu Bata Merah

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengujian mutu bata merah adalah sebagai berikut:

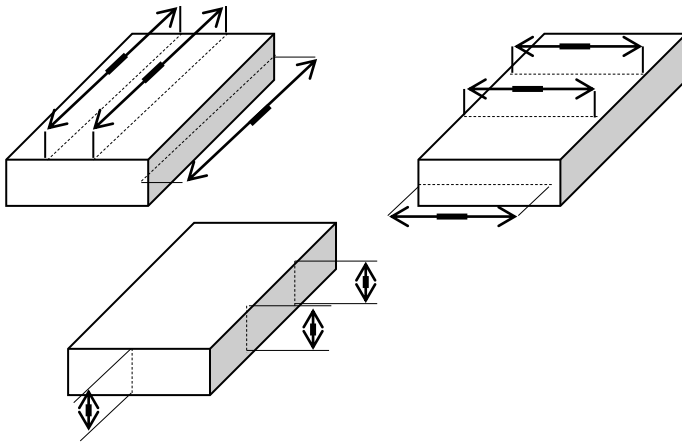
a. Pengambilan contoh (sampel)

- 2)Pengambilan contoh dilakukan oleh pihak berwenang.
Contoh mewakili seluruh batu bata dalam kelompok itu.
 - 3)Dilakukan secara acak pada berbagai tempat.
- b. Jumlah contoh
- 4)Dalam semua keadaan, jumlah contoh tidak boleh kurang dari 50 buah.
 - 5)Partai yang berjumlah 500.000 buah bata, diambil minimal 10 buah dari tiap-tiap kelompok yang berjumlah 50.000 buah.
 - 6)Bila bata merah lebih dari 500.000 buah, maka tiap kelebihan 100.000 buah, diambil paling sedikit 5 buah
- c. Pengiriman Contoh
- Hal-hal yang perlu dicatat pada pengiriman contoh adalah :
- 7)Tempat dan tanggal pengambilan
 - 8>Nama dan tanda tangan pengambil contoh.
 - 9)Banyaknya contoh.
 - 10) Cara-cara pengambilan contoh
 - 11) Dan lain-lain yang dianggap perlu

7. Pengujian Ukuran dan Tampak Luar

Pengujian ukuran dan tampak luar batu bata adalah sebagai berikut:

- a. Peralatan
 - 12) Jangka sorong /mistar 30 cm
 - 13) Gergaji besi
 - 14) Timbangan, kapasitas 2 kg
 - 15) Penyiku (siku baja)
- b. Bahan yang digunakan batu bata = 10 bh
- c. Prosedur Pengujian :
Adapun pengujian ukuran dilakukan sebagai berikut:
 - 1) Ukur panjang, lebar, tebal paling sedikit 3 x pada masing-masing bata.



Gambar 6.1 Pengujian Ukuran dan tampak Luar

2) Pengujian keadaan permukaan batu bata untuk mengetahui bentuk, yaitu:

- 16) Bidang datar
- 17) Keretakan
- 18) Kesikuan rusuk-rusuk
- 19) Kekuatan rusuk-rusuk

Hitung persentase batu bata yang tidak sempurna dari jumlah yang diperiksa.

3) Berat

- 20) Timbang berat batu bata dengan kelebihan 10 gram
- 21) Hitung berat rata-rata dalam kg.

4) Warna

- 22) Ukur sisi panjang batu bata
- 23) Beri tanda pada setengah panjang bata bata.
- 24) Potong batu bata pada tanda tersebut
- 25) Periksa warna pada bekas potongan

Catatan : warna dinyatakan dengan merah tua, merah muda, dan sebagainya. Warna pada belahan merata atau tidak, mengandung butir kasar atau tidak serta rongga-rongga.

8. Pengujian Kadar Garam dalam Batu Bata

Untuk pengujian kadar garam, terlebih dahulu memperhatikan prosedur di bawah ini :

- a. Peralatan yang digunakan yaitu cawan ukuran 25 cm x 15 cm x 5 cm, terbuat dari plat baja.
- b. Bahan yang digunakan adalah:
 - 1) Air
 - 2) Batu bata = 10 buah
- c. Prosedur Pengujian
 - 1) Tuang air ke dalam cawan setinggi ± 1 cm.
 - 2) Masukkan batu bata dalam cawan, posisi berdiri pada sisi lebar dan tinggi.
 - 3) Tempatkan cawan dan batu bata tersebut dalam ruang yang mempunyai pergantian udara yang baik.
 - 4) Biarkan agar seluruh bata terisi oleh air akibat peresapan. Tambahkan air bila kering.
 - 5) Angkat bata yang sudah teresap air dan letakkan pada tampan yang tidak meresap air.
 - 6) Perhatikan permukaan batu bata sampai beberapa hari, apakah tumbuh jamur-jamur putih pada permukaan batu bata.

Hasil pengamatan dinyatakan sebagai berikut:

1. Tidak membahayakan
Bila kurang dari 50% permukaan batu bata tertutup oleh lapisan putih karena pengkristalan garam.
2. Ada kemungkinan membahayakan
Apabila 50% atau lebih permukaan batu bata tertutup oleh lapisan putih yang agak tebal karena pengkristalan garam, tetapi bagian-bagian permukaan bata tidak menjadi bubuk/lepas.
3. Membahayakan
Apabila lebih dari 50% permukaan batu bata tertutup oleh lapisan putih tebal karena pengkristalan garam dan bagian permukaan bata menjadi bubuk dan lepas.

9. Pengujian Kuat Tekan Batu Bata

Prosedur pengujian kuat tekan batu bata dilakukan sebagai berikut:

- a. Alat yang digunakan adalah cetakan benda uji, spatula baja (sendok spesi), cawan, dan tangki pematang.
- b. Bahan yang digunakan yaitu pasir (0,3 – 0,15 mm), PC, batu bata = 10 buah (minimal), dan air.
- c. Prosedur Pengujian adalah sebagai berikut :
 - 1) Ambil batu bata, potong pada sisi panjang menjadi dua bagian yang sama
 - 2) Letakkan kedua potongan pada cetakan.
 - 3) Isi ruang antara tersebut dengan adukan spesi 1 pc : 3 ps hingga padat. Sebelum diisi sekat dikeluarkan lebih dahulu.
 - 4) Diamkan selama 1 hari, kemudian benda uji dilepas dari cetakan.
 - 5) Rendam benda uji dalam air dalam tangki pematang selama 24 jam (± 1 hari)
 - 6) Angkat benda uji dari tangki pematang dan dilap bidang-bidangnya.
 - 7) Tekan benda uji dengan mesin penekan hingga dicapai kekuatan maksimal. Kecepatan penekanan 2 kg/cm²/detik.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P(kg)}{A(cm^2)}$$

Dimana :

P = Beban

A = Luas bidang tekan

10. Pengujian Daya Serap Batu Bata

Dalam melaksanakan pengujian ini, terlebih dahulu harus mempersiapkan peralatan dan bahan sebagai berikut :

- a. Peralatan yang digunakan yaitu bak air, penyangga dari baja siku, timbangan kapasitas 2 kg, oven, stop watch, dan kain lap.

- b. Bahan yang digunakan adalah kain, batu bata = 10 buah (minimal).
- c. Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut :
 - 1) Keringkan batu bata dalam oven hingga suhu konstan ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$). Berat tetap A gram.
 - 2) Masukkan penyangga baja siku ke dalam bak dan atur jarak as ke as = $\frac{3}{4}$ panjang batu.
 - 3) Tuangkan air dalam bak hingga mencapai ketinggian 1 cm di atas penyangga.
 - 4) Masukkan batu bata kedalam bak dengan meletakkan di atas penyangga.
 - 5) Biarkan batu bata terendam selama 1 menit.
 - 6) Angkat batu-bata secara perlahan-lahan.
 - 7) Lap permukaan batu bata dari kelebihan air.
 - 8) Timbang batu bata (= B gram)
 - 9) Ukur luas bidang dasar batu bata yang berhubungan dengan air.
 - 10) Hitung daya serap batu bata =

$$\text{Daya serap} = \frac{B - A}{F} \text{ (gr/dm}^2\text{/menit)}$$

Catatan :

- Daya serap dianjurkan 20 gr/dm²/menit
- Jika > 20 gr/dm²/menit, harus direndam sebelum dipakai (dipasang).

Cara lain untuk menguji daya serap (Absorpsi)

$$\text{Daya serap} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Dimana A = Berat batu bata basah

B = Berat batu bata kering

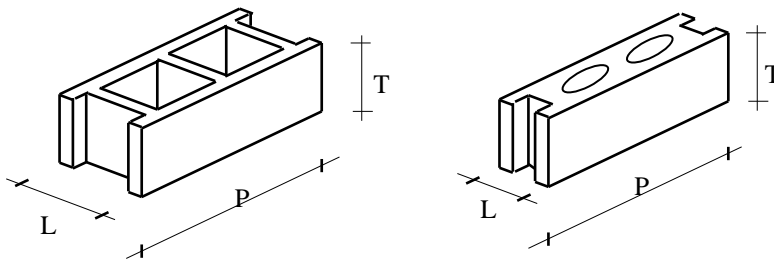
Lihat syarat daya serap bata dalam SII (SNI)

B. Conblock

Proses pembuatan:

1. Persiapan bahan (pasir diayak, ayakan 2 mm)
2. Di buat adukan kering : 1 bagian semen = 10 bagian pasir.
3. Dicampur dengan air (lembab) supaya mudah dicetak
4. Sesudah diaduk, dicetak dengan proses pengepresan.
5. Lakukan perawatan

Ukuran dalam perdagangan → mirip Batako



Gambar 6.2 Ukuran Conblock

Syarat mutu menurut SII No. 0285-80

1. Tampak luar
 - a. Tidak retak
 - b. Tidak cacat
 - c. Rusuk siku-siku
 - d. Rusuk tidak rapat
2. Ukuran dan toleransi

Ukuran dibedakan menjadi 2 jenis yaitu tipis dan tebal

Tabel 6.4 Ukuran dan Toleransi Conblock

Bata beton berlubang	Ukuran nominal (mm)			Tebal kelopak minimum (dinding rongga) (mm)	
Jenis	Panjang	Lebar	Tebal	Sekatan luar	Sekatan dalam
Tipis Tebal	400 ± 3	200 ± 3	100 ± 2	20	15
	400 ± 3	200 ± 3	200 ± 2	25	20

3. Syarat Physis

Tabel 6.5 Syarat Physis Conblock

Bata beton berlubang	Kuat tekan bruto minimum (kg/cm^2)		Penyerapan air maksimum
Mutu	Rata-rata 5 buah bata	Masing-masing	% volume
HB 20	20	17	-
HB 35	35	30	-
HB 50	50	45	35
HB 70	70	65	25

Keuntungan Pasangan Conblock

1. Hemat pemakaian adukan dibanding pasangan batu bata ($\pm 75\%$)
2. Dinding tidak perlu diplester / dicat
3. Pemasangan lebih cepat dibanding batu bata
4. Dapat dibuat sendiri dengan peralatan press yang agak sederhana
5. Menghemat penggunaan air dalam proses membangun (5 ltr/m^2) dibandingkan dengan batu bata yaitu 42 ltr/m^2 .
6. Berat tembok diperingan 50%
7. Pembuatannya tidak perlu dibakar (hemat energi $\pm 80\%$)

Pengujian Mutu Conblock (Bata Beton Berlubang)

1. Pengujian tampak luar
 - a. Pengujian keretakan, cacat dengan cara visual
 - b. Pengujian kesikuan dengan menggunakan alat penyiku
 - c. Pengujian kerapatan rusuk dengan kekuatan jari tangan
2. Pengujian ukuran
 - a. Untuk pengujian ukuran panjang, lebar dan tinggi menggunakan 5 buah benda coba yang utuh dengan alat kaliper kelebihan 1mm. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran paling sedikit 3 kali pada tempat yang berbeda.
 - b. Pengujian ukuran penampang lubang dilakukan dengan menggunakan kaliper atau penggaris. Apabila bentuk lubang tidak beraturan, dilakukan dengan membuat gambaran lubang, kemudian diukur dengan planimeter.
 - c. Pengujian ukuran volume lubang. Bahan dan alat yang digunakan pada pengujian ini adalah pasir kering udara (alat bantu) dan gelas ukur 1 liter. Adapun prosedur pengujian adalah sebagai berikut : 1) isikan pasir ke dalam gelas ukur secara gembur dan ratakan, 2) timbang berat pasir (A kg), 3) lakukan pengukuran 3 kali dan ambil rata-ratanya, 4) isikan pasir tadi pada lubang conblock dan ratakan, 5) tumpahkan pasir yang ada pada lubang, lalu timbang (B kg), dan hitung dalam persen terhadap volume bruto dan lakukan minimal 3 buah bata beton.

$$\text{Volume lubang} = \frac{B}{A} \text{ liter /dm}^3$$

3. Pengujian kuat tekan
 - a. Dipakai minimal 5 buah bata beton
 - b. Bidang tekan pada dua sisi diratakan dengan adukan 1 pc: 1-2 psr setebal 3 mm.
 - c. Lakukan penekanan setelah berumur 3 hari.
 - d. Penekanan dilakukan selama 1 – 3 menit (mulai ditekan sampai hancur)

- e. Dihitung kuat tekan masing-masing (kg/cm^2) dan kuat tekan rata-rata benda uji.
4. Pengujian penyerapan air. Dalam pengujian ini dipakai minimal 5 buah bata beton, timbangan ketelitian 0,5 gram, dan oven $\pm 105^\circ\text{C}$. Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut :
- a. Benda uji direndam selama 24 jam
 - b. Diangkat dan dibiarkan air meniris selama 1 menit lalu diseka dengan kain.
 - c. Benda coba ditimbang = A kg
 - d. Dikeringkan dalam oven 105°C sampai berat tetap dan dihitung = B kg.
 - e. Hitung

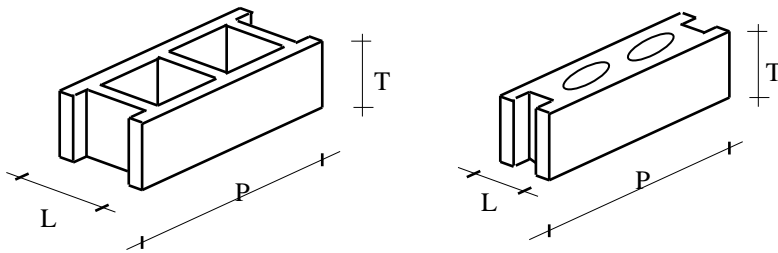
$$\text{Penyerapan} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Laporkan rata-rata dari 5 buah benda uji.

C. Bataco

Proses pembuatan bataco adalah sebagai berikut :

1. Persiapan bahan (pengayakan)
2. Aduk kering 5 bagian tras : 1 bagian kapur.
3. Tambahkan air secukupnya, agar mudah dicetak
4. Lakukan pencetakan dengan press (pemadatan)
5. Batako yang baru dicetak diletakkan di tempat yang teduh.
6. Perawatan 3 – 5 hari dan proses pengeringan 3 – 4 minggu.



Gambar 6.3 Ukuran Batako

Ukuran dalam perdagangan

- | | | |
|------------------------|---|---------------------------------|
| 1. Panjang 400 ± 3 | } | Untung dinding luar |
| Lebar 200 ± 3 | | |
| Tebal 200 ± 2 | | |
| 2. Panjang 400 ± 3 | } | Untung dinding luar |
| Lebar 200 ± 3 | | |
| Tebal 150 ± 2 | | |
| 3. Panjang 400 ± 3 | } | Untuk dinding pengisi (partisi) |
| Lebar 200 ± 3 | | |
| Tebal 100 ± 2 | | |

Tabel 6.6 Persyaratan Fisik Batako (Menurut PUBI 131 – 82)

Batako berlubang	Kuat tekan minimum (N/mm ²)		Penyerapan air maks (%)
	Rata-rata	Masing- masing	
A1	2,0	1,7	-
A2	3,5	3,0	-
B1	5,0	4,5	35
B2	7,0	6,5	25

Pemakaian:

1. A1 dan A2 tidak memikul beban, terlindung, A1 diberi lapisan pelindung, A2 tidak diberi lapisan pelindung.

2. B1 dan B2 memikul beban, B1 terlindung, B2 tak terlindung dari cuaca.

BAB VII

BAHAN PENUTUP ATAP

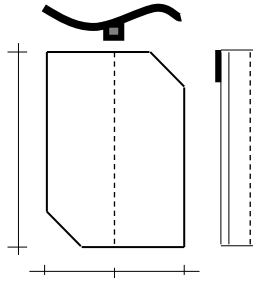
A. Genteng

Terdapat 3 macam genteng yaitu:

1. Genteng tanah liat (genteng flam dan genteng press kodok)
2. Genteng beton
3. Genteng semen serat

1. Genteng biasa (Bentuk Flam)

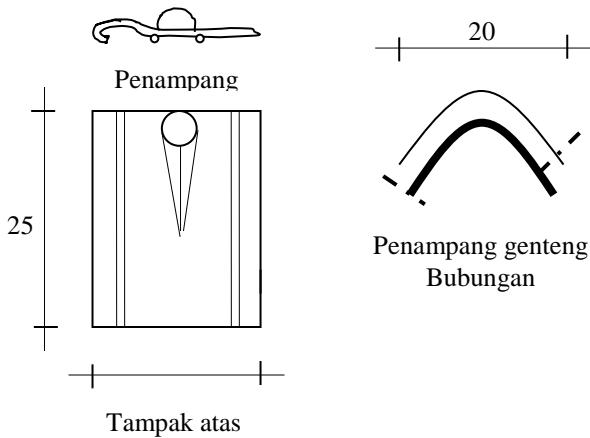
- a. Terbuat dari tanah liat dan dibakar
- b. Dapat dibuat dengan alat sederhana (industri RT)
- c. Pembakaran dilakukan dengan suhu perlahan-lahan, dari 150 °C sampai 600 °C selama kurang lebih 4 jam.
- d. Genteng sesudah matang dipilih untuk menentukan mutu : tidak pecah, tidak berubah bentuk, warna merata, bunyi nyaring, serta kehalusan atau rataannya.
- e. Ukuran dalam perdagangan
 - Modul kecil → 230 mm x 300 mm
 - Modul sedang → 245 mm x 325 mm
 - Modul besar → 270 mm x 350 mm



Gambar 7.1 Genteng Biasa

2. Genteng Press Kodok

- Dibuat dari tanah liat dan dibakar
- Dicetak dengan press (mesin) dengan ukuran yang tepat
- Kemiringan atap minimal 30°



Gambar 7.2 Genteng Press Kodok

Pengujian ketahanan terhadap perembesan air dan beban lentur.

- Tidak diperbolehkan air merembes
- Jika diletakkan di atas tumpuan (kayu) berjarak 200 mm, harus dapat menahan beban > 110 kg (mutu I). (NI-19.

Peraturan Genteng Keramik Indonesia). SNI. 03-2095-1991
→ Mutu dan Cara Uji Genteng Keramik

3. Genteng Beton

Genteng beton ialah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap, yang dibuat dari beton dibentuk sedemikian rupa dan berukuran tertentu. Genteng beton dibuat dari campuran yang merata semen portland atau sejenisnya, agregat (pasir) dan air, memakai atau tanpa memakai pigmen dan bahan tambahan lain.

Pencetakannya menjadi bentuk tertentu dapat dilakukan secara proses sederhana dengan tangan, atau keseluruhan proses dilakukan secara mekanis dengan mesin. Perawatan (curing) genteng setelah dibentuk sampai siap untuk diserahkan kepada konsumen, direndam dalam air atau menggunakan proses perawatan dengan uap.

1. Syarat Bentuk dan Ukuran

- a. Tebal genteng tidak boleh kurang dari 8 mm, kecuali pada bagian penumpangan (interlocking) tebal tidak kurang dari 6 mm.
- b. Genteng harus mempunyai kaitan (lugs), yang akan berkait pada reng, lebar tidak kurang dari 20 mm dan tinggi tidak kurang dari 12 mm, yang terletak pada permukaan bawah dari genteng
- c. Genteng harus mempunyai penumpangan tepi yang lebarnya tidak kurang dari 25 mm, dan dilengkapi dengan paling sedikit sebuah alur air yang dalamnya tidak kurang dari 5 mm.

2. Syarat Mutu

a. Pandangan luar

Genteng harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, atau cacat lainnya yang mempengaruhi sifat pemakaian dan bentuknya harus

seragam bagi tiap jenis. Tepi-tepinya tidak boleh mudah dirapihkan dengan tangan.

b. Kekuatan lentur

Genteng harus mampu menahan beban lentur minimum seperti daftar berikut:

Tabel 7.1 Kekuatan Lentur Genteng

Tingkat mutu	Beban lentur rata-rata dari 10 genteng yang diuji (min) dalam kg	Beban lentur masing-masing genteng (min) dalam kg
I	150	120
II	80	60

c. Daya serap air

Daya serap air rata-rata dari 10 contoh uji tidak boleh lebih dari 10 persen

d. Ketahanan terhadap perembesan air (rapat air)

Apabila contoh genteng diuji, maka pada setiap genteng tidak boleh terjadi tetesan air dari bagian bawahnya. Dalam hal genteng menjadi basah tetapi tidak terdapat tetesan air, maka dinyatakan tahan terhadap perembesan air

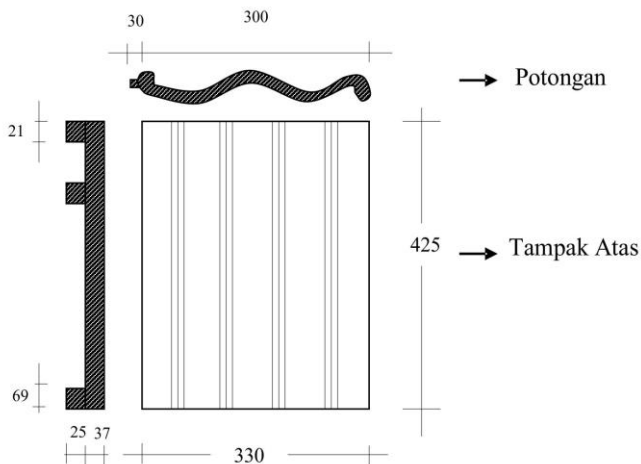
Selanjutnya untuk proses pembuatan genteng beton sesuai dengan prosedur sebagai berikut :

1. Terbuat dari pasir (\emptyset 1,9 mm), PC, dan air
2. Ukuran lebih besar dari pada genteng tanah
3. Proses Pembuatan:
 - a. Semen dan pasir dicampur kering (1 pc: 3 ps – 1 pc : 4 ps)
 - b. Dicampur air hingga plastis
 - c. Adukan dimasukkan dalam cetakan (dengan tekanan 17,5 N/mm²)
 - d. Diangin-anginkan selama 24 jam.

- e. Disimpan dalam ruang selama 7 hari.
- f. Setelah 28 hari diadakan pengujian terhadap bunyi, rembesan air, dan beban lentur sebelum dilakukan penjualan.

Tabel 7.2 Ukuran Genteng dalam perdagangan

Bagian	Ukuran (mm)	Ket.
Panjang berguna (jarak reng)	350	Penyimpangan < 6 mm
Panjang genteng	425	
Lebar berguna	300	
Lebar genteng	330	
Kait : Tinggi	13	
Panjang	30	
Lebar	21	
Bobot	4,4 kg/bh	



Gambar 7.3 Genteng Beton

4. Genteng Semen Serat

Terbuat dari semen, pasir, serat organik (serat kelapa atau ijuk). Persiapan serat kelapa yaitu:

1. Direndam selama 3 – 5 hari
2. Dipukul-pukul dalam keadaan basah dengan kayu dan melepas seratnya
3. Serat dipotong sepanjang 12 – 20 mm

Cara pembuatan genteng semen serat :

1. Buat adukan 1 pc : 3 ps : 1% serat (berat pc + pasir).
Ukuran pasir 0,06 – 2,0 mm
2. Aduk dengan air hingga seragam (homogen)
3. Di press dan dikeringkan selama 1 hari
4. Direndam 6 – 7 hari
5. Dikeringkan terlindung selama 14 hari
Ukuran genteng → 25 x 50 cm
Ukuran efektif → 20 x 40 cm

Tabel 7.3 Tebal Genteng dan Penggunaan Bahan

Tebal (mm)	Bobot/bh (kg)	Bobot/m ²	Bahan / m ²			Lekat lentur
			Pc	Psr	Serat	
6 mm	1,6	20 kg	4,8 kg	15 kg	200 g	0,3 KN
8 mm	2,3	24 kg	6,7 kg	22 kg	300 g	0,5 KN
10 mm	2,9	36 kg	8,6 kg	27 kg	400 g	0,8 KN

5. Syarat Mutu dan Cara Uji Genteng Beton

Berdasarkan SNI 03-0096-1987, syarat mutu genteng beton adalah sebagai berikut :

1. Pandangan luar
 - a. Permukaan atas mulus
 - b. Tidak retak
 - c. Tidak cacat
 - d. Seragam bagi tiap jenis

2. Kekuatan lentur

Tabel 7.4 Kekuatan Lentur Genteng Beton

Tingkat mutu	Beban lentur rata-rata 10 genteng yang diuji (min) dalam kg	Beban lentur masing-masing genteng (min) dalam kg
I	150	120
II	80	60

3. Daya serap

Daya serap air rata-rata 10 contoh uji tidak boleh lebih 10%.

4. Ketahanan terhadap perembesan air (rapat air)

Apabila di uji, tidak terdapat tetesan air pada bagian bawahnya. Dalam hal genteng menjadi basah tetapi tidak terdapat tetesan, maka dinyatakan tahan perembesan air.

a. Cara Pengujian kekuatan lentur melintang

1) Jumlah dan persiapan contoh

Untuk pengujian kekuatan lentur harus diuji paling sedikit 10 buah (sepuluh) buah contoh genteng. Genteng ini harus direndam air 24 jam pada suhu ruang, kemudian diangkat dari tempat perendaman dan segera diuji dalam keadaan jenuh air.

2) Cara melakukan pengujian

Alat penguji terdiri dari sebuah mesin lentur yang dapat memberikan beban secara teratur dan merata dengan ketelitian 0,1 kg. Penumpu dan pembeban yang terbuat dari kayu yang keras, dengan tebal tidak kurang dari 20 mm, dilekatkan pada genteng dengan perekat aduk semen portland atau gips. Jarak penumpu sama dengan jarak reng dari genteng yang bersangkutan. Pengujian dilakukan setelah perekat cukup keras.

Pembebanan lentur diberikan pada permukaan atas genteng melalui pembeban yang diletakkan di tengah antara dua penumpu, dengan kecepatan beban 2 kg/sekon, sampai

genteng patah. Kekuatan lentur dinyatakan sebagai beban lentur dalam kg.

b. Pengujian daya serap air

1) Persiapan contoh

Bagian yang telah pecah dari contoh yang diuji kekuatan lenturnya dipergunakan untuk pengujian daya serap air. Pengujian ini dimulai pada waktu pecahan contoh itu masih dalam keadaan jenuh air.

2) Cara penentuan daya serap air

Alat-alat yang diperlukan terdiri dari timbangan dengan ketelitian sampai 1 gram dan dapur mengering yang dapat dijaga suhunya antara 100°C – 110°C dan dilengkapi ventilator. Penentuan daya serap air dilakukan sebagai berikut:

Masing-masing contoh uji yang dalam keadaan jenuh (10 buah) ditimbang beratnya (A). Kemudian contoh uji dikeringkan dalam dapur pengering pada suhu 100 °C – 110 °C untuk selama 24 jam. Setelah itu contoh dikeluarkan dari dapur pengering lalu didinginkan diruangan sampai suhu kamar, kemudian masing-masing ditimbang beratnya (B).

Daya serap air dari masing-masing contoh uji adalah :

$$\text{Daya serap} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

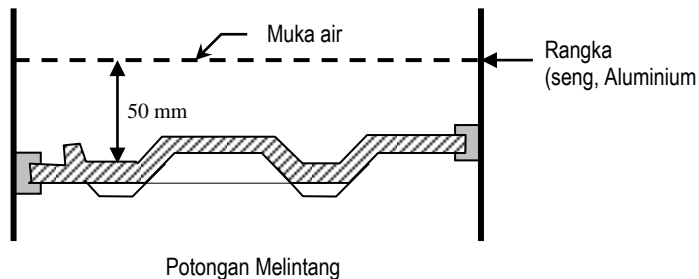
Daya serap air masing-masing contoh ini dicatat, lalu dihitung harga rata-rata dari semua contoh yang diuji dan dinyatakan dalam persen.

c. Pengujian ketahanan terhadap perembesan air

Pengujian dilakukan terhadap paling sedikit tiga buah contoh genteng, dengan cara sebagai berikut:

- 1) Sebuah rangka yang dibuat dari lembaran logam (seng atau aluminium) diletakkan pada sekeliling genteng dengan suatu perekat yang dapat menahan perembesan air, misalnya lilin, plamir atau bahan lainnya.

- 2) Tinggi rangka logam ini tidak kurang dari 50 mm diukur dari permukaan atas genteng pada bagian yang paling rendah/dalam.
- 3) Setiap genteng yang telah dilekatkan pada rangka ini kemudian diletakkan pada posisi horisontal di atas suatu penumpu. Diusahakan agar penumpu ini tidak dikenakan pada permukaan bawah dari genteng agar seluruh permukaannya dapat dilihat. Tinggi tumpuan diatur sedemikian sehingga dengan mudah dapat mengamati keadaan permukaan bawah dari genteng dan mudah terlihat jika terdapat perembesan air, seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 7.4 Pengujian Ketahanan terhadap Rembesan Air

- 4) Kemudian didalamnya dimasukkan air sampai setinggi 50 mm dari permukaan yang terdalam dan tinggi permukaan air ini dijaga tetap dengan penambahan air bila tingginya kurang dari 50 mm.
- 5) Pengujian dengan air dilakukan selama 24 jam, dan bagian bawah genteng diamati apakah terjadi tetesan air. Apabila terjadi tetesan air pada salah satu atau lebih dari contoh genteng yang diuji, maka dinyatakan bahwa contoh tidak tahan terhadap perembesan air. Dalam hal ini genteng menjadi basah, tetapi tidak terjadi tetesan air, maka dapat dinyatakan bahwa genteng tahan terhadap perembesan air.

B. Seng

Seng gelombang adalah baja lembaran lapis seng yang dihasilkan dari baja berlapis seng lembaran yang dibentuk menjadi lembaran bergelombang.

Baja berlapis seng lembaran adalah baja lembaran lapis yang berbentuk lembaran yang dihasilkan dari baja lembaran yang permukaannya terlebih dahulu dibersihkan dari lapisan oksida serta kotoran-kotoran lainnya atau kemudian dilapisi dengan logam seng (Zn) dengan cara celup panas, atau dari baja berlapis seng gulungan yang dipotong-potong menjadi lembaran.

Adapun komposisi kimia logam dasar tercantum pada tabel berikut:

Tabel 7.5 Komposisi Kimia Logam Dasar

Unsur kimia	Kadar maksimum %
C	0.15
Mn	0.60
S	0.05
F	0.05

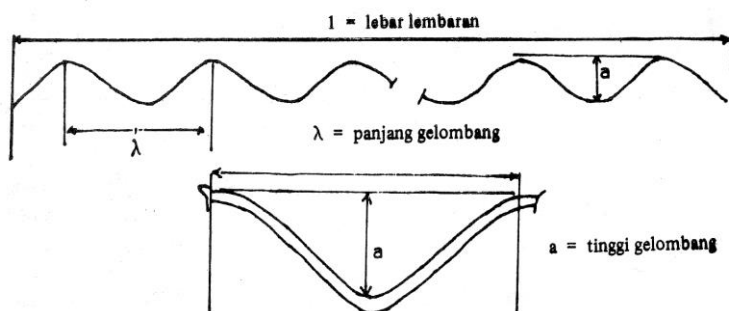
Bentuk dan ukuran baja berlapis seng gelombang dapat dilihat pada gambar 7.5. Toleransi dan ukuran baja berlapis seng gelombang tercantum dalam tabel berikut:

Tabel 7.6 Toleransi dan Ukuran Baja Berlapis Seng Gelombang

Panjang produk	+ 15 mm - 0 mm
Lebar produk	+ 25 mm - 15 mm
Panjang gelombang	\pm 2 mm
Tinggi gelombang	\pm 1.5 mm

Catatan:

1. Tinggi gelombang ditentukan dengan rata-rata dari tiga gelombang.
2. Panjang gelombang ditentukan dengan rata-rata dari lima gelombang.
3. Bila tidak ditentukan dengan rata-rata lain ujung-ujung gelombang pada kedua tepi, harus menunjukkan ke arah yang sama untuk lebar sampai dengan satu meter.



Gambar 7.5 Bentuk dan Ukuran baja Berlapis Seng gelombang

Berat minimum lapisan seng yang diperbolehkan pada baja lembaran lapis seng disesuaikan dengan cara pengujian pada tabel 7.7.

Tabel 7.7 Berat Minimum Lapisan Seng

Berat Nominal Lapisan Seng (g/m^2)		183	214	244	305	381
Berat minimum lapisan seng (gr/m^2)	Cara langsung	137	168	198	244	305
	Cara tak langsung	122	153	183	214	275

Catatan:

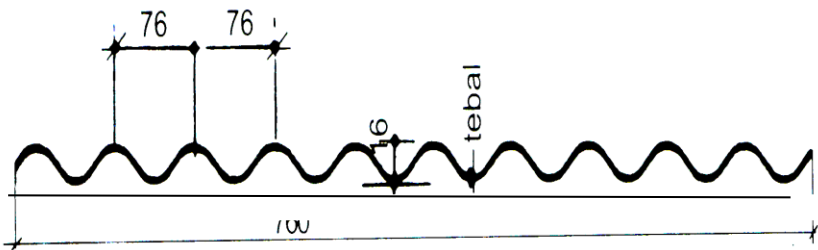
1. Cara langsung adalah cara yang dilaksanakan di pabrik dengan menimbang berat lembaran sebelum dan sesudah dilapisi seng.
2. Cara tak langsung adalah cara antimony chloride.

Syarat uji lengkung dari baja berlapis seng lembaran, gelombang dan gulungan adalah sebagai berikut:

1. Sudut lengkung 180°
2. Celah lengkungan $4x$ tebal contoh.
3. Jika tebal logam dasar dari kelas medium lebih dari 1.6 mm maka celah lengkungan $2x$ tebal contoh.
4. Dalam pengujian lengkung ini, penyerpihan lapisan pada permukaan luar atau retak-retak pada bahan dasar tidak boleh terdapat di tempat dalam batas 7 mm dari lengkungan.

Seng adalah jenis logam yang biasa digunakan untuk melindungi terhadap terjadinya korosi dengan menggunakan cara menyepuh atau melapisi secara galvanis. Di Indonesia atap seng gelombang masih sering digunakan karena harganya agak murah untuk atap yang jadinya kerap air hujan dan tahan lama dengan kekecualian pada daerah yang mengalami udara tercemar sulfur (dekat gunung api) dan sebagainya.

Kehilangan lebarnya seng papak oleh gelombang-gelombang sekitar 16 % seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 7.6. Bentuk Seng
(Heinz Frick, 1999:122)

Seng berbentuk pelat dasar atau gelombang serta rol biasanya ditentukan oleh ukuran BWG (*Birmingham Wire Gauge*) sebagai berikut :

Tabel 7.8
Seng Berbentuk Plat Dasar atau Gelombang Menurut Ukuran BWG

BWG	Tebal mm	Bobot/ m ² (kg)	Panjang/L embar (mm)	Seng PapakL ebar (mm)	Seng Gelombang Biasa			
					Lebar Profil (mm)	Tinggi Profil (mm)	Lebar Total (mm)	Jumlah Gel.
20	0.9	7.2	1830	915	76	16	760	10
22	0.7	5.6	1830	915	76	16	760	10
24	0.56	4.5	1830	915	76	16	760	10
26	0.46	3.7	1830	915	76	16	760	10
28	0.36	2.9	1830	915	76	16	760	10

Sumber : Heinz Frick, 1999:122

Ukuran diameter kawat dan paku juga ditentukan dalam BWG sebagai berikut:

Tabel 7.9 Ukuran Diameter Kawat dan Paku menurut Ukuran BWG

BWG	Ukuran \varnothing mm
11	3.05
10	3.40
9	3.76
8	4.19
7	5.20

Sumber : Heinz Frick, 1999:123

BAB VIII

KAYU BANGUNAN

Kayu adalah bahan yang sangat penting untuk bangunan maupun perabot rumah. Kayu sebagai bahan bangunan berbentuk olahan. Keuntungan pemakaian kayu:

1. Mudah diperoleh
2. Mudah dikerjakan
3. Berat jenis ringan dibanding bahan alami
4. Sifat kenyal
5. Kuat memikul beban
6. Hantaran panas kecil

Kelemahan-kelemahan kayu adalah mudah terbakar dan beberapa jenis kayu peka terhadap organisme perusak kayu. Di Indonesia, kayu digolongkan dalam empat jenis yaitu

1. Kayu berdaun jarum seperti kayu pinus
2. Kayu berdaun lebar seperti kayu jati
3. Kayu sebangsa palma seperti kelapa
4. Kayu sebangsa bambu seperti bambu

Kayu memiliki struktur yang terdiri atas :

- a. Kulit luar (*outer bark*) kering sebagai pelindung
- b. Kulit dalam (*bast*), lunak, basah yang menyangkut bahan makanan dari daun-daun kebahagiaan lainnya
- c. Kambium (*cambium*) berada di sebelah dalam kulit dalam, bagian inilah yang membuat sel-sel kulit dan sel-sel kayu.

- d. Kayu Gubal (*sapwood*), warnanya keputih-putihan. Bagian ini mengangkut air (berikut zat-zat) dari tanah ke daun-daun.
- e. Kayu teras atau galih (*heartwood*)
- f. Hati (pith)
- g. Jari-jari teras (*rays*) yang menghubungkan berbagai bagian dari pohon untuk penyimpanan dan peralihan bahan makanan

Kayu sebagai bahan bangunan mempunyai nilai kekenyalan (E) tertentu berdasarkan kelasnya, ditunjukkan pada tabel 8. 1 sebagai berikut:

Tabel 8.1 Modulus Kenyal (E) Kayu Sejajar Serat

Kelas kuat kayu	E // (kg/cm ²)
I	125.000
II	100.000
III	80.000
IV	60.000

Sumber : PKKI, 1973:6

Penggunaan kayu untuk bahan bangunan dapat dibagi dalam tiga golongan pemakaian :

1. Kayu untuk bagian struktural
2. Kayu untuk bagian non struktural
3. Kayu untuk keperluan lain

Syarat-syarat mutu kayu dapat dilihat pada PUBI-1982, pada tabel 5.4 dan 5.5. Selanjutnya PKKI 1973 membagi kelas kuat kayu dalam lima kelas, seperti pada tabel 5.3 dan tegangan izin kayu mutu A seperti pada Tabel 8.2.

Tabel 8.2 Tegangan yang diperkenankan untuk Kayu Mutu A.

	Kelas Kuat (kg,cm2)					Jati (Tectonag randis
	KL I	KL II	KL III	KL IV	KL V	
$\bar{\sigma}_{lt}$ (kg/cm ²)	150	100	75	50	-	130
$\bar{\sigma}_{tkII} = \bar{\sigma}_{trII}$ (kg/cm ²)	130	85	60	45	-	110
$\bar{\sigma}_{tk\perp}$ (kg/cm ²)	40	25	15	10	-	30
$\bar{\sigma}_{tk\perp}$ (kg/cm ²)	20	12	8	5	-	15

Sumber : PKKI, 1973 : 6

- a. Korelasi tegangan yang diperkenankan untuk Kayu Mutu A.

$$\bar{\sigma}_{lt} = 170 \text{ g}$$
$$\bar{\sigma}_{tkII} = \bar{\sigma}_{trII} = 150 \text{ g}$$
$$\bar{\sigma}_{tk\perp} = 40 \text{ g}$$
$$\bar{\sigma}_{tk\perp} = 20 \text{ g}$$

}

$$g = \text{Berat jenis kayu kering udara}$$

Tabel 8.3 Kelas Kuat Kayu

Kelas Kuat	Berat Jenis	Kekuatan Lengkung Absolut (kg/cm ²)	Kekuatan Tekan Absolut (kg/cm ²)
I	≥ 0,90	≥ 1100	≥ 650
II	0,90 – 0,60	1100 – 725	650 – 425
III	0,60 – 0,40	725 – 500	425 – 300
IV	0,40 – 0,30	500 – 360	300 – 215
V	< 0,30	< 360	< 215

Sumber : PKKI, 1973 : 64

Kayu Bangunan 123

Tabel 8.4 Persyaratan Kayu Struktural

Uraian	Mutu A	Mutu B
1. Mata kayu	Maks $\frac{1}{6}$ x lebar muka kayu atau 3,5 cm	Maks $\frac{1}{4}$ x lebar muka kayu atau 5 cm
2. Pingul	Maks $\frac{1}{10}$ x lebar muka kayu	Maks $\frac{1}{10}$ x lebar muka kayu
3. Serat miring	tg. maks $\frac{1}{10}$	tg. maks $\frac{1}{7}$
4. Retak :	Maks $\frac{1}{4}$ x tebal kayu	maks. $\frac{1}{3}$ x tebal kayu
a. Arah radial	Maks. $\frac{1}{5}$ x tebal kayu	maks. $\frac{1}{4}$ x tebal kayu
b. Arah lingkaran tahun	Maks. 16 lubang per 100 cm ²	
5. Lubang (pinholo) :	Maks. 2 lubang per 100 cm ²	maks. 32 lubang per 100 cm ²
a. s/d Φ 1,5 mm	Tidak diperkenankan	maks. 4 lubang per 100 cm ²
b. Φ 1,5 s/d 3 mm	Diperkenankan asal saja jarak cacat yang satu dengan lainnya tidak melebihi 2 x lebar permukaan kayu, dan dengan jumlah pengaruh komulatif tidak melebihi satu cacat maksimum	maks. 2 lubang per 100 cm ²
c. $> \Phi$ 3 mm	Tidak diperkenankan	sama dengan syarat A
6. Cacat tergabung		
7. Cacat lain		Tidak diperkenankan

Sumber : PUBI –1980, 1981 : 47

Tabel 8.5 Persyaratan Kayu Non Struktural

No	Cacat yang ada	Uraian yang diperkenankan
1. 2. 3. 4. 5.	Cacat bentuk: Lengkung Muntir/menggeliat Mencawan Pingul Serat miring	Maks. 1% x panjang ; 1 arah Tidak diperkenankan Maks. 1% x lebar Maks. 1/10 x lebar muka kayu Maks. tg \square = 1/10
1. 2. 3. 4. 5. 6.	Cacat badan : Pecah tertutup Mata kayu Gubal Perubahan warna Lubang penggerak Urut kapur	Tidak diperkenankan Diameter maks 1/6 x lebar muka kayu Diperkenankan Diperkenankan $\Phi < 2$ mm diperkenankan $\Phi > 2$ mm tembus = 2 lobang $\Phi > 2$ mm tidak tembus = 4 lobang Diperkenankan
1. 2.	Cacat bontos Retak radial Retak tangensial	Maks. 1/4 x lebar muka kayu Maks. 1/5 x lebar muka kayu

Sumber : PUBI –1980,1981 : 48

A. Sifat-Sifat Kayu

1. Sifat-sifat teknis kayu

a. Warna

- 1) Sukar dinyatakan dengan tepat
- 2) Kadang satu jenis ada berbagai warna
- 3) Kayu tua berbeda dengan kayu muda

b. Bau

1. Beberapa kayu memiliki bau yang dapat dijadikan tanda

- c. Arah serat kayu
 - 1. Menurut irisan memanjang, teksturnya halus, kasar dan berombak
 - 2. Ada kayu arah serat membentuk sudut kecil dengan sumbu panjang
- d. Berat jenis
 - 1. Berat jenis kayu baru lebih besar daripada kayu yang lama ditimbun
 - 2. Berat jenis kayu berbeda-beda
- e. Kekerasan
 - 1. Ada kayu lunak, keras
 - 2. Semakin cepat pertumbuhan, maka semakin lunak kayu tersebut
- f. Keteguhan
 - 1. Daya tahan terhadap gaya-gaya luar (tarik, tekanan, lenturan, puntiran dan gesekan)

2. Sifat perubahan bentuk

- a. Akibat berkurangnya kadar air
 - 1) Kayu yang baru memiliki kadar air sebesar 50%
 - 2. Pada pengeringan, kayu tersebut dapat menyusut/melengkung
- b. Akibat pengaruh lingkungan sekitarnya (*sifat hidroskopis*)

B. Pengeringan Kayu

Tujuan pengeringan kayu adalah memperkecil kandungan air dalam kayu, mencegah serangan kayu oleh jamur dan serangga, meningkatkan kekuatan, mempermudah pengerjaan. Kayu yang akan dipakai memiliki kadar air antara 12 – 20%. Kadar air di atas 20% mudah terserang oleh jamur.

Dikenal dua cara pengeringan yaitu pengeringan alami (udara luar) dan pengeringan buatan (tungku). Pengeringan alami dapat mengurangi air hingga kadar air 18 – 20% dengan lama pengeringan sebagai berikut :

- | | |
|-------------------|----------------|
| 1. Meranti ringan | = 4 – 5 bulan |
| 2. Meranti berat | = 5 – 6 bulan |
| 3. Keruing | = 4 – 6 bulan |
| 4. Merbau | = 5 bulan |
| 5. Kempas | = 5 bulan |
| 6. Kapur | = 5 bulan |
| 7. Balau | = 8 – 10 bulan |
| 8. Albizia | = 2 bulan |

Pengeringan buatan dilakukan dengan tungku dan proses pengeringannya lebih cepat dibandingkan dengan yang alami. Setelah melalui proses pengeringan kayu memerlukan suatu tempat penyimpanan yang sering dilakukan dengan cara penumpukan kayu. Penumpukan kayu bertujuan untuk menyimpan/mengeringkan kayu. Kesalahan penumpukan dapat mengakibatkan menurunnya kualitas kayu, oleh karena itu harus diperhatikan cara penumpukan yang benar agar terhindar dari kerusakan atau cacat kayu.

Beberapa macam cacat kayu antara lain dapat berupa mata kayu, retak kayu dan cacat dalam batang (lubang). Faktor penyebab kerusakan kayu terdiri atas faktor biologis seperti cendawan (jamur), serangga dan cacing laut serta faktor non biologis seperti cuaca dan api.

C. Kayu dalam Perdagangan

Kayu dalam perdagangan digolongkan atas :

1. Gelondongan kecil yaitu Φ 5 – 8 cm
2. Gelondongan sedang yaitu Φ 10 – 18 cm
3. Gelondongan besar yaitu Φ 22 – 100 cm
4. Kayu gergajian
5. Kayu bantalan kereta api berukuran 210 x 22 x 12 cm dan 190 x 22 x 12 cm.
6. Kayu bakar

Kayu gergajian dalam perdagangan disajikan pada tabel berikut :

Tabel 8.6 Daftar kayu dalam perdagangan

Digunakan Untuk	Tebal Dalam cm	Lebar Dengan cm															
		3	4	5	6	7	8	10	12	14	15	16	18	20	22	25	
Lis-lis	1,2	X	x		X												
Krepyak	1,2						x	x									
	1,5						x	x									
Papan	1,5												x				
	2							x	x		x		x	x	x	x	
	2,5				X		x	x	x						x	x	
	3,3										x		x	x		x	
Bingkai pintu/jendela	2,5	X			X		x	x	x								
	3,3	X			X		x	x	x		x		x	x		x	
	4	X					x	x	x		x		x	x		x	
Reng	2	X															
Usuk	4				X												
	5					x											
Balok tarik/ balok penjepit	6							x	x		x		x				
Gelagar langit- langit	6						x	x	x		x						
	8							x	x		x		x				
Peran tembok	8							x	x								
	10							x	x								
Gawang pintu/jendela	8							x	x		x						
	10								x		x						
Kuda-kuda	6										x		x				
	8							x	x		x		x				
	10							x	x		x		x				
	12							x			x		x				
Tiang	8						x										
	10							x	x								
	12								x		x		x				
Papan jembatan	8													x	x	x	

Sumber : J.B Janto, 1979 : 44

Tabel 8.7 Persyaratan ukuran kayu bangunan untuk semua golongan

No	Jenis Penggunaan	Tebal (cm)	lebar (cm)								Panjang (cm)			
1	Lis dan Jalusi	1	3	4	5						200	300	400	
		1,5	3	4	5	6					200	300	400	500
		2	4	5	6	8	10							
2	Papan	2	15	18	20	22	25				300	400	500	
		2,5	15	18	20	22	25	30			300	400	500	
		3	18	20	22	25	30				300	400	500	
		3,5	18	20	22	25	30				300	400	500	600
		4	18	20	22	25	30				300	400	500	600
3	Bingkai Reng dan Kaso	2	3								200	300	400	
		2,5	3	4	6	8	10	12			200	300	400	
		3	4	6	8	10	12				300	400	500	
		3,5	4	5	8	10	12				300	400	500	
		4	6	8	10	12					300	400	500	
		5	7	10	12						300	400	500	
4	Balok	6	8	10	12	15	18	20	22	25	300	400	500	600
		8	10	12	15	18	20	22	25		300	400	500	600
		10	10	12	15	18					300	400	500	600
		12	12	15	18						300	400	500	600

Sumber : PUBI – 1980,1981 : 52

D. Pengawetan Kayu

Pengawetan kayu bertujuan untuk mempertinggi daya tahan kayu terhadap serangan jamur serangga, dan makhluk perusak kayu lainnya.

Kelas awet kayu terdiri atas :

- 1. Kelas awet I = 25 tahun (Jati, Ulin dan lain-lain)
- 2. Kelas awet II = 15 – 25 tahun (kapur, rasamala dan lain-lain)
- 3. Kelas awet III = 10 – 15 tahun (Ampupu, Bakau, Mahoni, Meranti dan lain-ain)
- 4. Kelas awet IV = 5 – 10 tahun (Agatis, Durian dan lain-lain)
- 5. Kelas awet V = < 5 tahun (kapuk, Kemiri dan lain-lain)

Persyaratan teknis :

- 1. Jenis kayu yang diawetkan adalah kayu kelas III, IV dan V

2. Kadar air antara 20 – 25%
3. Sudah bentuk siap pakai
4. Bebas kotoran/tidak berkulit
5. Kayu dengan tingkat keawetan berbeda diawetkan terpisah

Tabel 8.8 Kelas Keawetan Kayu

Sifat Pemakaian	Kelas Keawetan				
	I	II	III	IV	V
Selalu berhubungan dengan tanah lembab	8 Tahun	5 Tahun	3 Tahun	Sangat pendek	Pendek
Hanya dipengaruhi cuaca, tetapi dijaga supaya tidak terendam air dan tidak kekurangan udara	20 Tahun	15 Tahun	10 Tahun	Beberapa tahun	Sangat pendek
Di bawah atap, tidak berhubungan dengan tanah lembab dan tidak kekurangan udara	Tidak terbatas	Tidak terbatas	Sangat Lama	Beberapa tahun	Pendek
Seperti di atas, tetapi dipelihara dengan baik dan dicatat dengan teratur	Tidak terbatas	Tidak terbatas	Tidak terbatas	20 Tahun	20 Tahun
Serangan rayap tanah	Tidak	Jarang	Cepat	Sangat cepat	Sangat cepat
Serangan bubuk kayu	Tidak	Tidak	Hampir tidak	Tidak berarti	Sangat cepat

Sumber : Dep. PU, 1987 : 4

Tabel 8.9 Penggolongan Kayu Menurut Kelas Awetnya

Kelas Awet I	Kelas Awet II	Kelas Awet III	Kelas Awet IV	Kelas Awet V
Balau	Belangeran (I-III)	Ampupu(II)	Agatis	Anggerung besar
Bangkirai (II-III)	Berumbung	Bakaku	Bayur	Benuang
Bedaru	Bungur (III)	Bintangur	Benuang Laki (V)	Jabon
Gia (II)	Cemara	Bintungan	Dahu	Jelutung
Giam	Cempaka (III)	Bongin	Durian (V)	Kapas-kapasan
Jati (II)	Cempaka	Bungis (IV)	Gerunggang	Kapuk hutan
Johar (II)	Gengal (III)	Keledang (I)	Jeunjing (V)	Kemiri
KerANJI	Gisok (III)	Kempas (IV)	Jongkong (V)	Kenanga
Kulim (IV)	Hue (III)	Keruing	Kademba	Lilin
Laban	Kapur (III)	Mahoni	Kemenyan (IV)	Mahabai
Lara	Tahan (III-IV)	Matoa (IV)	Kenari	Mahang
Merbau (II)	Kuku	Medang seluang (IV)	Ketapang	Kapur
Petaling (II)	Lesi	Merbatu	Mutan	Mangga
Salimuli (II)	Medangtanduk	Meranti merah (IV)	Leda (II-V)	Mendarahan Mensira
Sawo Kecil	Merawan (II)	Meranti putih (V)	Meluar	Gunung
Sanokeling	Nyatoth (III)	Perempat darat	Mentibu (V)	Merambung
Tanjung (II)	Perempat Laut (III)	Pasang (II)	Mersawa	Pimping
Tembesu	Putat (III)	Petanang	Perupuk (IV)	Sampang
Tempinis	Rasamala (III)	Pilang	Ramin	Sendok-sendok
Ulin	Rengas	Pinang (IV)	Ruan	-
-	Sono kembang (III-IV)	Pulai (V)	Sindur (V)	-
-	Teraling (IV)	Puspa	Surian (V)	-
-	Walikukun	Resak	Terentang	-
-	Weru	Saninten	Topis	-
-	-	Simpur Jangkung	Trembesi	-
-	-	Sungkai	Tusam	-
-	-	Suriang Bawang (IV)	-	-
-	-	Terap (IV)	-	-

Sumber : Dep. PU, 1987 : 5

Keterangan :

1. Nama kayu adalah nama yang dikenal dalam perdagangan
2. Angka romawi dalam kurung menunjukkan bahwa kayu tersebut termasuk juga dalam kelas awet yang ditunjukkan oleh angka tersebut.

Tabel 8.10 Penggolongan Bahan Pengawet

No	Golongan	Persenyawaan	Kode	Sifat
1.	Bahan pengawet yang dilarutkan dalam air	Tembaga-Chrom-Arsen	TCA	J.S. TL
		Tembaga-Chrom-Bor	TCB	J.S. AL
		Tembaga-Flour-Chrom	TFC	J.S. TL
		Borin-Flour-Chrom-Arsen	BFCA	J.S. TL
		Flour-Chrom	FC	J.S. AL
		Biflourid	BF	J.S.
		Silikoflourid	SF	J.S.
2.	Bahan pengawet yang dilarutkan zat organik (minyak)	Bor	B	J.S.
		Pentachlorophenol	PCP	J.S. TL
		Naftenat tembaga	NT	J.S. TL
		Kreosot	Kr.	J.S. TL
3.	Bahan pengawet	Karbolineum	Ka	J.S. TL
		Chloronaffalin	CN	J.S. TL

Sumber : Khaeruddin D, 1996 : 64

Catatan : J : Pencegah terhadap jamur
S : Pencegah terhadap serangga
TL : terhitung pelunturan
AL : Agak tahan terhadap pelunturan

Bahan pengawet kayu memiliki persyaratan sebagai berikut :

1. Mempunyai daya racun yang ampuh
2. Mempunyai daya penetrasi tinggi

3. Harus tetap ada dalam kayu
4. Harus aman dipakai
5. Tidak bersifat korosif
6. Bersih dalam pemakaian
7. Kayu yang diawetkan tetap dapat di cat

Bahan pengawet umumnya berupa bubuk/tepung dan berbentuk minyak. Klasifikasi bahan pengawet digolongkan dalam tiga macam yaitu bahan pengawet yang larut dalam air, bahan pengawet yang larut dalam minyak dan bahan berupa minyak.

Tabel 8.11 Beberapa Bahan Pengawet Kayu yang Beredar di Pasaran.

No	Produsen	Bahan Pengawet	Bahan Aktif	Jasad Sasaran
1	PT Kemivaksindo Sakti	Perigen 10 EC	Permetrin 100 g/l	Kumbang Ambrosia sp.
2	PT ICI Pesticida	Plithion 500 EC	Fenitrothion 500 g/l	Kumbang Ambrosia sp.
3	PT Karang Emas Mustika	Stenfast 15 EC	Alfametrin 15 g/l	Rayap tanah Rayap kayu kering Rayap kayu kering
4	PT Pacific Chemicals	Lentrek 400 EC	Klorpirifos 400 g/l	Rayap tanah Rayap kayu kering
5	PT Gama Tomamesta	Kreosida 1000	EC Kreosot 1000 g/l	Rayap tanah Rayap kayu kering
6	PT Kemindo Ritora	Kemirin 70 P	Arsen Pentoksida 32,30% Kromium Trioksida 25,27% Tembaga Oksida 14,06%	Rayap tanah Rayap kayu kering Bubuk kayu kering Jamur pelapuk
7	PT Tri Panoto	Impra 75 P	Arsen Pentoksida 34% kromium Trioksida 26,60% Tembaga Oksida 14,80%	Bubuk kayu kering Rayap tanah Rayap kayu kering
8	PT Astena	Enblu 110 EC	Metilen Bistiosinat (MBT) 108 g/l	Jamur biru
9	PT Kalatham Corp.	Chlordane 960	EC Klordan 960 g/l	Rayap tanah Rayap kayu kering Bubuk kayu kering

Sumber : Khaeruddin Duljapar, 1996:3

Seperti halnya insektisida, untuk membuat bahan pengawet kayu juga perlu diencerkan terlebih dahulu sebelum digunakan karena bahan pengawet tersebut masih mengandung bahan aktif tinggi. Berikut diberikan contoh cara penghitungan untuk membuat bahan pengawet.

1. Bahan pengawet berbentuk cairan

Berapakah volume (cc) stenfast 15 EC yang dibutuhkan untuk membuat larutan sebanyak 1000 liter dengan konsentrasi sebanyak 5%. BJ stenfast adalah 1,01 dan BJ air sebagai pelarut adalah 1.

Diketahui :

- Volume (X cc) stenfast 15 EC berarti mengandung bahan aktif $15/100 \times X \times 1,01$.
- 1000 liter atau 1.000.000 cc larutan jadi yang berkadar 5% mengandung bahan aktif $5/100 \times 1.000.000 = 50.000$

Jawab:

Volume (cc) stenfast yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$15/100 \times X \times 1,01 = 50.000$$

$$X = 3.300,33 \text{ cc (3,3 liter)}$$

Jadi stenfast 15 EC yang dibutuhkan sebanyak 3,3 liter

2. Bahan pengawet berbentuk tepung

Berapa kg Imprap 75 P yang dibutuhkan untuk membuat 1000 liter larutan bahan pengawet kayu yang berkadar 0,3%. Sebagai bahan pelarutnya adalah air (BJ=1, berat 1 kg/ltr).

Diketahui :

- Imprap 75 P seberat X kg berarti mengandung bahan aktif $75/100 \times X \text{ kg}$.
- 1000 liter larutan jadi dengan konsentrasi 0,3% berarti mengandung bahan aktif $0,3/100 \times 1000 \text{ kg}$

Jawab :

$$75/100 X = 0,3/100 \times 1000 \text{ kg}$$

$$X = 4 \text{ kg}$$

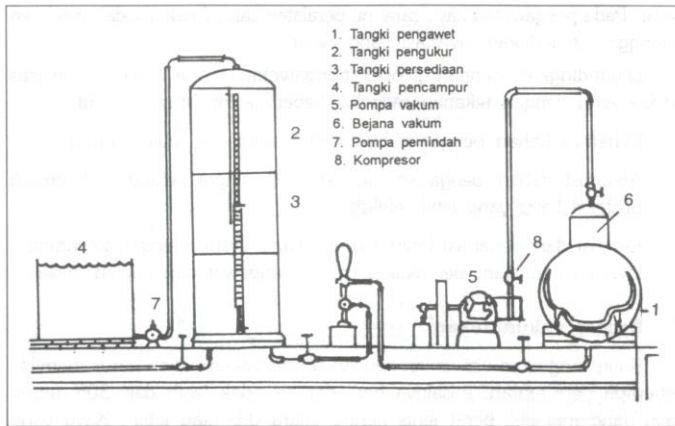
Jadi banyaknya Imprap 75 P yang dibutuhkan adalah 4 kg

Cara pengawetan dikelompokkan atas dua bagian yaitu :

- Tanpa tekanan (non pressure process)

Terdiri atas :

1. Peleburan atau penyemprotan :
 - a. Bahan pengawet diencerkan
 - b. Bahan pengawet dileburkan/dikuas pada permukaan kayu
 - c. Disemprotkan (hard sprayer)
2. Pencelupan
 - a. Kayu dimasukkan ke dalam larutan (\pm 3 menit)
 - b. Pencelupan dapat dilakukan dengan tangan, derek, forklift
3. Perendaman dingin
Kayu direndam dalam larutan beberapa minggu pada suhu kamar
4. Perendaman panas dingin
 - a. Bak perendaman kayu dipanaskan (dengan bahan pengawet) sampai 70 °C, beberapa jam
 - b. Setelah itu dibiarkan sampai dingin
- b. Dengan tekanan (pressure process)
 1. Proses vakum – Tekan
 - a. Kayu dimasukkan ke dalam tangki pengawet
 - b. Pompa vakum difungsikan mencapai 60 Hg selama kurang lebih 90 menit
 - c. Alirkan larutan pengawet ketangki pengawet
 - d. Pompa tekan hidrolik difungsikan hingga 8 –15 atau selama kurang lebih 2 jam
 - e. Tekanan diakhiri bila jumlah larutan terpakai sudah cukup
 - f. Larutan bahan pengawet dialirkan kembali ketangki persediaan



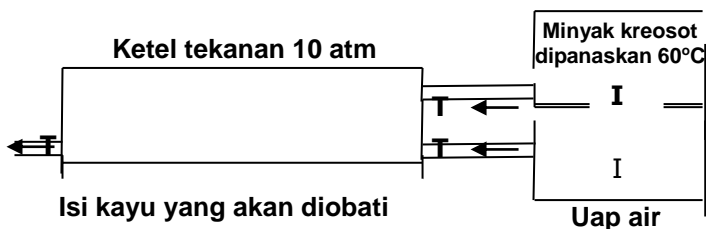
Gambar 8.1 Cara Pengawetan Kayu
(Khaeruddin D, 2001:48)

Kayu yang diawetkan $\geq \text{BJ } 0,6 \rightarrow \text{k.a} \leq 30\%$

$\leq \text{BJ } 0,6 \rightarrow \text{k.a} \leq 35\%$

2. Mengkresot

- Kayu dimasukkan ke dalam katel
- Disalurkan uap air ke dalam katel
- Air panas, getah kayu, dan angin dipompa ke luar
- Dimasukkan minyak kresot yang dipanasi 60°C dengan tekanan 10 atm
- Minyak kresot dapat juga dicatkan pada kayu



Gambar 8.2 Mengkresot
(J.B Janto, 1979:37)

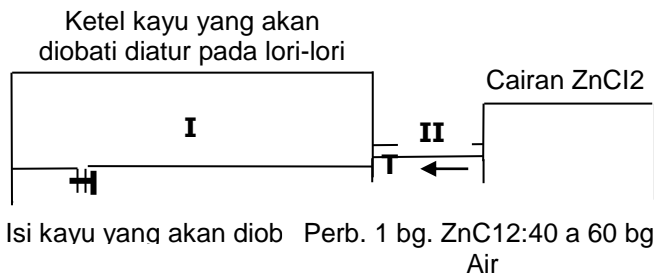
3. Proses Burnett

- Kayu yang hendak diawetkan dimuat pada lori-lori lalu dimasukkan ke dalam katel
- Katel ditutup tekanan udara dikurangi $\frac{1}{4}$ atm (1 jam)
- Cairan pengawet dipompa ke dalam katel 10 atm (6 jam)

Dengan cara ini, tidak dapat digunakan untuk bangunan air

4. Impregnasi dengan Kopervitriol (prasi)

- Tangki I diisi kopervitriol dan air
- Kayu dimasukkan ketangki II dan tertutup
- Buka kran tangki I sehingga bahan pengawet mengalir dengan tekanan berat
- Bahan pengawet masuk ke pori-pori kayu
- Buka kran II untuk mengalirkan bahan cairan



- Tekanan $\frac{1}{4}$ atm selama 1 jam
- Tekanan 10 atm selama 6 jam.

Gambar 8.3 Proses Burnett

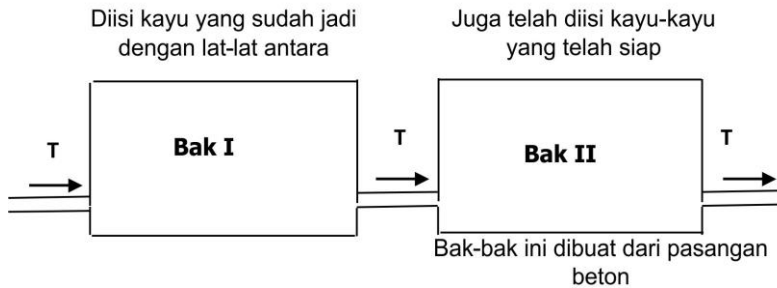
(J.B Janto, 1979:39)

5. Proses Kijan

- Kayu disusun pada tangki/bak I dan diisi cairan bahan pengawet
- Didiamkan selama 5 – 14 hari, diaduk-aduk dan ditambah bila perlu
- Bak I dikosongkan dengan pompa
- Cairan dialirkan ke bak II yang berisi air
- Kayu dikeluarkan dan jika ada endapan, dicuci dengan air

f. Kayu ditumpuk ditempat yang berangin

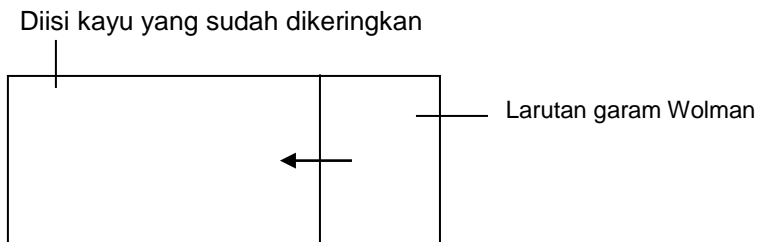
Penetrasi = ± 4 mm dapat dicat kembali. Bisa berkarat dengan besi



Gambar 8.4 Proses Kijanisasi
(J.B Janto, 1979:39)

6. Proses Wolman

- Menggunakan garam wolman = NaFe ditambah trophenol dan ichromat keras.
- Kayu dikeringkan lebih dahulu
- Kayu dimasukkan ke dalam bak perendaman yang berisi larutan garam selama 7 hari
- Kemudian kayu dikeringkan



Keterangan : perbandingan 3 kg : 100 liter air untuk 1 m³ kayu – 3 kg : 100 liter air. Ukuran bak seluruhnya 9 x 7 x 1.50 m.

Gambar 8.5 Proses Wolman (J.B Janto, 1979:39)

E. Produk Kayu Olahan

Produk kayu olahan terbuat dari berbagai jenis kayu atau limbah kayu (tatal, serbuk gergaji) yang memiliki keawetan alami bervariasi dari kelas awet I hingga kelas awet V. Jenis kayu olahan yang memiliki kelas awet tinggi biasanya ditempatkan pada lapisan depan, sedangkan dilapisan belakang digunakan jenis kayu yang memiliki kelas awet lebih rendah. Dilapisan tengah (isi) digunakan kayu yang memiliki kelas awet paling rendah. Dengan demikian ketahanannya terhadap organisme perusak kayu dapat terjamin dengan baik.

1. Kayu lapis

Kayu lapis (plywood) merupakan produk panil venir-venir kayu yang direkat bersama hingga arah serat sejumlah venir tegak lurus, sedangkan yang lain sejajar sumbu panjang panil. Venir ini merupakan lembaran tipis kayu yang diperoleh dari proses pengupasan kayu bulat.

Kayu yang akan digunakan untuk kayu lapis harus memiliki beberapa persyaratan sebagai berikut :

1. Bentuk kayu harus lurus dan bulat
2. Kayu cukup mudah atau lunak jika dikupas
3. Serat-serat kayunya tidak berpelin (mudah dipisahkan)
4. Tidak banyak terdapat mata kayu

Secara umum langkah-langkah dasar pembuatan kayu lapis meliputi tahap pemanasan blok (kayu yang masih berupa log), pengupasan (penyayatan) log, penyimpanan dan pemotongan venir, pengeringan venir serta penyusunan dan pengepresan venir menjadi kayu lapis.

1. Pemanasan Blok

Pemanasan blok dimaksudkan untuk melunakkan kayu sehingga diperoleh hasil venir yang lebih tinggi, kualitas venir yang lebih baik, mempermudah pengupasan, dan menghemat pemakaian perekat. Pemanasan blok dilakukan dengan pengukusan (penguapan panas), perendaman dalam air panas dan penyemprotan dengan air panas. Pemanasan blok sengan

misalnya, dapat dilakukan dengan perendaman dalam air panas bersuhu 93°C beberapa saat sebelum log dikupas.

2. Pengupasan Log

Setelah pemanasan blok dilakukan dengan pengupasan. Pengupasan dilakukan dengan pisau statis yang dilekatkan pada blok yang berputar. Pengupasan ini terus berlanjut sampai diameter blok tinggal 5,5 – 4,0 inchi (14 – 10 cm).

3. Pemotongan dan Penyimpanan Venir

Venir yang dihasilkan dari proses pengupasan masih berupa lembaran panjang. Lembaran itu perlu dipotong sesuai dengan ukuran panjang *plywood* yang ditentukan. Waktu antara pengupasan blok dengan saat pemotongan veneer merupakan masa penyimpanan veneer. Setelah dikupas, veneer segar maupun veneer dalam penyimpanan harus ditangani secara hati-hati.

Penyimpanan veneer dapat dilakukan dengan dua cara, yakni dengan sistem gulungan dan sistem *conveyer*. Pada penyimpanan sistem gulungan, veneer segar digulung dalam sebuah gulungan kemudian dibawa ke mesin pemotong. Pada penyimpanan sistem *conveyer*, mesin pengupas dijadikan satu jalur dengan mesin pemotong sehingga memungkinkan pemotongan lebih cepat. Sistem *conveyer* hanya memungkinkan apabila kecepatan mesin pemotong sama dengan keluaran dari mesin pengupas. Pada beberapa industri kayu lapis, pemotongan telah dilakukan secara otomatis pada kecepatan sampai 1.500 kaki (457,20 m) garis lurus per menit.

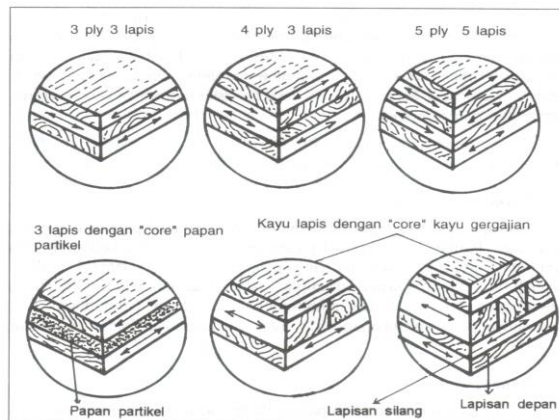
4. Pengeringan veneer

Pengeringan dilakukan dengan cara menyembrotkan udara panas ke permukaan veneer. Udara panas digerakkan dengan kecepatan sampai 4.000 kaki/menit (1219,20 m/menit) melalui pipa kecil yang menyembrotkan pada veneer. Dengan suhu pengeringan mencapai 300°C dapat diperoleh kestabilan yang merata pada seluruh bagian veneer dan memudahkan proses perekatan.

5. Penyusunan dan Pengepresan

Tahap terakhir pembuatan kayu lapis adalah penyusunan dan pengepresan. Pada tahap ini, venir – venir yang sebelumnya telah diberi perekat disusun sesuai hasil akhir yang diinginkan. Pemberian perekat dilakukan dengan cara disemprotkan kepermukaan venir yang berjalan pada ban pengangkut dibawah semprotan perekat. Perekat yang digunakan umumnya jenis perekat resin sintesis termosetting yang mengeras dengan panas. Dua jenis tipe perekat yang digunakan adalah urea formaldehid dan fenol formaldehid. Urea formaldehid biasanya digunakan untuk interior plywood sementara. Fenol formaldehid dapat digunakan untuk interior maupun eksterior.

Kayu lapis dengan tiga lapisan (tripleks) dapat dibuat dengan menyusun venir-venir sebagai face (lapisan muka) dan papan partikel sebagai core (inti). Susunan beberapa jenis plywood dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8.6. Berbagai Konstruksi Kayu Lapis
(Khaeruddin D, 2001:53)

Selanjutnya venir-venir yang telah diberi perekat dan disusun ini dipres ke dalam mesin pengepresan yang bervariasi antara 110 – 200 psi, tergantung kerapatan dan jenis plywood yang diinginkan.

Pembuatan plywood dengan venir kayu sengon dan perekat urea formaldehid dapat menghasilkan kayu lapis yang memiliki keteguhan lentur dan keteguhan tarik yang memenuhi persyaratan standar industri Jerman (DIN). Komposisi perekat yang digunakan adalah urea formaldehid 100 gram, extender dengan cara dilaburkan sebanyak 190 g/m² selama dua puluh menit kemudian dikempa panas pada suhu 110°C selama lima menit dengan tekanan kempa sebesar 15 kg/cm².

2. Papan Partikel

Papan partikel (particle board) merupakan papan buatan yang mempunyai komponen utama berupa partikel kayu yang direkatkan dengan perekat organik seperti tanin, urea formaldehid, fenol formaldehid dan lain-lain. Partikel kayu dapat berbentuk pasahan, serpih, bentuk biskit, tatal, serbuk gergaji, kerat, dan wol kayu ekselsior (kerekatan yang panjang, berombak dan ramping).

Proses pembuatan kayu partikel meliputi tahap persiapan partikel, pencampuran, pembentukan, pengepresan dan penyempurnaan utama.

1. Persiapan partikel

Persiapan partikel dapat dilakukan dengan membuat partikel berbentuk selumbar. Partikel kayu tersebut dicampur dengan perekat sebanyak 10% dari berat partikel dan dikempa panas pada suhu 170°C selama 2,5 menit. Setelah itu papan partikel disimpan dalam ruangan yang mempunyai kelembaban tertentu untuk mendapatkan kadar air yang diinginkan. Contohnya pada kelembaban 45% untuk mendapatkan kadar air sekitar 17,5%.

2. Pencampuran

Tahap pencampuran merupakan tahap penambahan resin dan lilin pada partikel. Penggunaan perekat lilin dimaksudkan untuk memberikan sifat tahan terhadap air. Konsentrasi perekat lilin ini berkisar antara 0.2 – 2% dari berat kering partikel.

Pencampuran bahan untuk lapisan inti sering dilakukan secara terpisah. Pada lapisan permukaan biasanya lebih banyak ditambahkan resin, lilin, dan air pada lapisan intinya. Pencampuran ini dilakukan dengan menggunakan mesin pencampur yang mempunyai kecepatan pencampuran yang cukup tinggi.

3. Pembentukan

Kegiatan selanjutnya adalah pembentukan. Proses pembentukan merupakan langkah yang paling kritis dalam pembuatan papan partikel karena meliputi kegiatan penempatan partikel-partikel untuk dibentuk menjadi lembaran muda yang terdiri atas lapisan permukaan bawah, lapisan inti, dan lapisan permukaan atas.

Beberapa tipe mesin pembentuk yang telah dikembangkan antara lain mesin yang menggunakan aliran udara, mesin yang menggunakan serangkaian roda pembentuk lapisan, dan mesin yang menggunakan mesin pengatur elektrostatik. Dibandingkan dengan dua tipe sebelumnya, tipe yang menggunakan mesin pengatur elektrostatik dan menghasilkan papan partikel yang lebih kuat dan lebih sempurna.

4. Pengepresan

Tahap berikutnya adalah pengepresan. Setelah terbentuk lembaran muda dari papan partikel, selanjutnya dilakukan pengepresan untuk menghasilkan lembaran papan yang padat. Pengepresan dilakukan dengan mesin pengepres pada suhu 182°C. Untuk papan partikel dengan ketebalan 0,5 inci (1,27 cm), pengepresan dapat dilakukan selama 3 menit. Apabila papan lebih tebal maka waktu pengepresan dilakukan lebih lama lagi, yaitu sekitar 3 – 10 menit.

5. Penyempurnaan Utama

Tahap terakhir pembuatan papan partikel adalah penyempurnaan utama sekitar 3 – 10 menit. Papan partikel yang menggunakan perekat resin urea formaldehid memerlukan pendinginan. Hal ini untuk menghindari kerusakan perekat akibat panas yang terlalu lama. Sebaliknya,

pada papan partikel yang menggunakan resin fenol formaldehid, pendinginan justru tidak diperlukan sehingga penumpukan dapat dilakukan selagi lembaran papan partikel masih panas. Hal ini untuk memberikan tambahan waktu perekatannya.

Pada tahap akhir pembuatan papan partikel biasanya dilakukan pengamplasan. Selain untuk mengatur ketebalannya, hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan permukaan papan partikel yang lebih halus. Khusus untuk papan partikel yang terbuat dari serpih berbentuk biskit (wafer board), pengamplasan jarang dilakukan karena dapat mengurangi kekuatan daya tolak air dan daya ketegarannya. Untuk keperluan bangunan rumah tangga, papan partikel dapat dibuat dengan ukuran 4 feet x 8 feet (1,22 m x 2,44 m).

Papan partikel yang terbuat dari kayu sengon tergolong berkualitas baik. Pengujian sifat fisik memberikan kisaran kadar air 10 – 11 %, kerapatan 0.37 – 0.55 %, penyerapan air 107 – 126 %, pengembangan tebal 20.6–31%, dan keteguhan lentur 33.8 – 67.6 kg/cm².

3. Papan Serat

Papan serat (fiber board) merupakan produk panil kayu yang baru dikembangkan pada tahun 1960-an. Bentuk papan serat mirip dengan papan keras dan papan partikel, tetapi cara pembuatannya berbeda dengan keduanya. Sifat-sifat papan serat adalah :

1. Tidak ada keteguhan dalam arah panjang dan lebarnya
2. Dapat menghasilkan lembaran yang lebar
3. Permukaannya licin dan cukup keras
4. Tidak mudah pecah dan retak
5. Mudah dilengkungkan.

Papan serat merupakan produk panil yang berupa serat sehingga pembuatannya didahului dengan pembuatan pulp sebagai bahan dasarnya. Proses pembuatan selanjutnya dilakukan dengan membentuk lembaran dan pengempaan

(pengepresan). Proses pembuatannya mirip pembuatan papan keras dan papan partikel dengan penambahan sedikit modifikasi.

Serpih lunak yang dihasilkan selanjutnya dibersihkan dan diuraikan seratnya dengan cara menggiling dengan alat beater sampai halus. Kemudian pulp basah yang dihasilkan dimasukkan ke dalam alat sentrifus untuk mengurangi kandungan airnya. Untuk membuat lembaran papan serat, terlebih dahulu pulp dicampur dengan perekat urea formaldehid atau tanin dengan alat defibrator. Untuk meningkatkan daya ikat antar serat, ditambahkan tawas hingga mencapai pH 4 – 5.

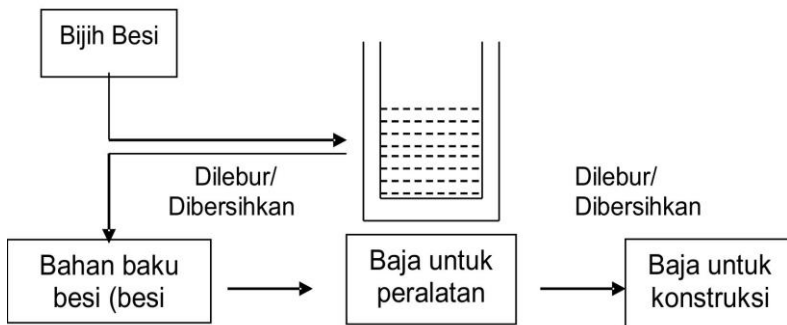
Pencetakan atau pembuatan lembaran papan dilakukan dengan alat dekleboex dengan ukuran 30 cm x 30 cm. Selanjutnya lembaran dikempa pada suhu kamar 170°C dengan kenaikan suhu bertahap selama kurang lebih 2 jam. Setelah mencapai suhu 170°C kemudian dikempa dengan tekanan 50 kg/cm² selama 2.5 menit .

BAB IX

BAHAN BANGUNAN LOGAM

Logam adalah sebuah elemen kerak bumi sekitar 4%. Logam terbuat bukan dalam bentuk murni melainkan dalam bentuk batuan yang mengandung bijih besi. Bijih besi merupakan persenyawaan antara besi dan oksigen tetapi dalam bentuk silikat. Bijih besi terdapat ditambang-tambang dan dipermukaan bumi (tembaga pura).

A. Besi dan Baja



Gambar 9.1 Proses Pembuatan Besi Cor, Besi dan Baja
(Frick dan Koesmartadi, 1999:114).

Tanur tinggi diisi dengan bijih besi, kokas (metalurgi) dan bahan tambahan dalam perbandingan tertentu. Kokas didapat sebagai tanur tinggi dari bahan batu bara tertentu. Batu bara dibakar dalam udara yang disekap.

Setelah semua unsur menguap (gas kokas), sisa keseluruhannya hampir berupa karbon (C) murni dalam bentuk (abu) kokas yang mengendap. Kokas dibakar menjadi karbon monoksida di dalam tanur tinggi yang diisi (banyak) udara panas. Karena itu dapat terjadi pembakaran dalam temperatur tinggi (sekitar 2000°C) yang diperlukan untuk proses produksi. Proses ini adalah suatu proses oksidasi yang mereduksi bijih besi (dimana terbentuk CO) bertingkat ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$) dan membentuk suatu persenyawaan karbon dioksida (CO_2). Pada bagian bawah tanur terjadi suatu endapan karbon tipis di atas partikel besi. Selanjutnya pada zona pencairan dilebur menjadi besi kasar berkarbon (sekitar 4% karbon). Besi kasar karbon ini adalah bahan baku untuk membuat besi tuang dan baja.

Dengan melebur besi kasar (mentah) dan serpih besi tua dapat diubah menjadi besi tuang yang dapat dipakai untuk membuat blok mesin, kepala silinder mesin, tutup selokan air dan sebagainya. Paling banyak besi tuang ini dimurnikan menjadi baja (kadar karbon < 2%) dalam pabrikasi baja. Bahan tambahan yang akan dipakai (tergantung dari komposisi bijih besi) adalah batu kapur, batu sabak/tulis $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Bahan tambahan tersebut perlu digunakan untuk melebur logam besi (kotor) dan kokas (abu) menjadi satu leburan besi berterak. Terak ini mengapung di atas leburan besi dan melindunginya terhadap pembakaran. Pada beberapa negara, terak tersebut dipakai untuk membuat semen tanur tinggi.

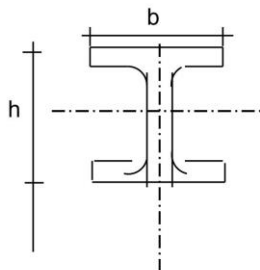
Bahan baku besi terdiri atas besi tuang kasar dan besi tuang halus, dimana pada besi tuang kasar dapat digunakan untuk meja, mesin dan lain-lain. Sedangkan untuk besi tuang halus digunakan untuk alat pengunci dan penggantung. Baja untuk peralatan memiliki kegunaan sebagai peralatan tangan dan daun gergaji, mata bor, obeng dan sebagainya.

Baja untuk konstruksi memiliki kegunaan sebagai mata bor baja HSS dan mata pisau bubut baja dan lain-lain dengan proses pencanaian sebagai berikut :

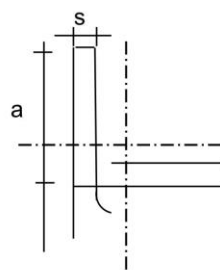
1. Dapat digilas, ditarik, ditempa, dipres, dicetak dan dibengkok
2. Dapat digunakan untuk besi profil, besi tulangan, kawat, paku, sekrup, baut dan sebagainya.

B. Baja Canaian

Besi pada umumnya dibagi atas besi tuangan dan besi pencanaian. Hasil pencanaian dari baja pada umumnya digolongkan atas baja plat, baja batang, baja kawat, baja batang (sebagai baja tulangan beton), serta baja profil termasuk pipa baja seperti pada contoh berikut :



Gambar 9.2. Baja Profil I



Gambar 9.3. Baja Profil L

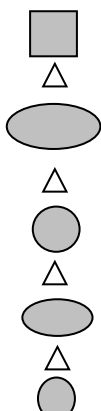
C. Baja Tulangan

Sebagai baja, tulangan beton diartikan baja batang dengan panjangnya kurang lebih 12.0 m dan penampang lintangnya berbentuk lingkaran atau hampir lingkaran. Proses pengerjaan baja menjadi tulangan melalui penggilasan.

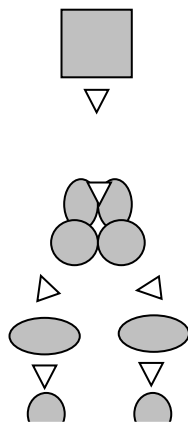
Dengan memanasi sampai temperatur sekitar 1300°C , blok (baja) akan digilas menjadi blok baja gilas dan batang lempengan baja gilas. Lempengan tersebut berbentuk empat persegi dengan penampang $80 \times 80 \text{ mm}^2$ sampai $130 \times 130 \text{ mm}^2$, ini adalah produk bahan dasar untuk penggilasan baja beton.

Ketika menggilas lempengan baja, kecepatan menggilas setiap gilasan makin bertambah. Berkaitan dengan kualitas

produksi akhir kecepatan ini ada batas maksimumnya. Suatu cara penggilaan dikatakan tidak modern apabila produksinya melalui suatu garis. Sejak beberapa tahun yang lalu dipakai pula suatu cara penggilaan panas yang dinamakan slit rolling. Suatu batang lempengan dibentuk menjadi dua batang. Karena itu dengan kecepatan penggilaan yang lebih lambat dapat pula mencapai hasil produksi yang lebih banyak seperti yang diuraikan oleh Sagel. R, dkk (1993) sebagai berikut :



Gambar 9.4.
Penggilaan yang Tidak Modern
(Sagel, dkk, 1993:94)



Gambar 9.5. Slit Rolling
(Sagel, dkk, 1993:94)

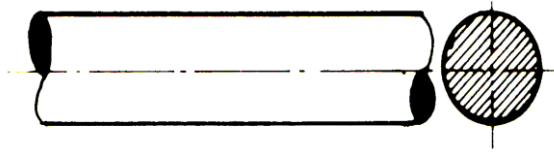
Setelah melalui proses penggilasan, baja beton dipotong sesuai dengan panjangnya dan melalui suatu ban berjalan akan dipindahkan ke tempat pendinginan. Akhirnya didinginkan dengan udara (tenang) pada temperatur sekitar 950°C (udara tidak diembuskan).

Sejak beberapa tahun yang lalu digunakan air pendingin yang dikontrol intensif. Hal ini berjalan langsung setelah penggilasan. Di sini temperatur permukaan batang sangat cepat dingin mulai 950°C sampai 200°C . Akibat pengerjaan ini kulit bagian luar sangat kuat tetapi getas. Ketika meninggalkan trayek pendinginan, inti batang yang masih panas (sekitar 900°C) akan memanasi kulit batang lagi sampai sekitar 640°C , hingga kulit tersebut langsung menjadi lunak (liat) dan sedikit kurang ini kuat, tetapi mempunyai struktur butiran halus dan liat.

Selanjutnya struktur inti batang berubah pula menjadi menjadi struktur butiran halus akibat pendinginan yang dipercepat (penyaluran panas dipercepat ke kulit luar). Peninggian kekuatan yang dicapai secara pendinginan mendadak (air dingin), berdasarkan struktur penyepuhan keras butiran halus dibagian luar batang (kira-kira 50% dari penampangnya). Perbaikan struktur secara demikian menghasilkan batas luluh/leleh sebesar 100 Mpa serta kuat tarik 200 Mpa. Ini lebih besar dari pada cara pendinginan baja beton yang seluruhnya didinginkan dengan udara (tenang).

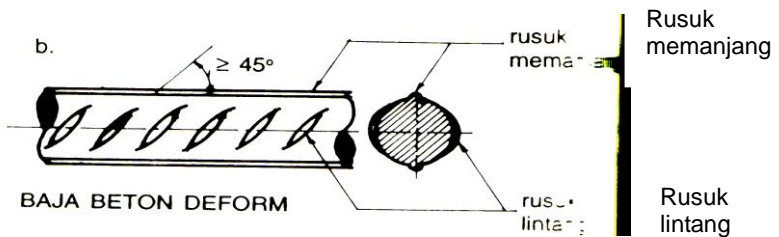
Supaya pengikatan antara baja tulangan dan beton menjadi erat dan kuat, baja tulangan sebaiknya memiliki permukaan yang berigi (bukan polos dan licin) beranekaragaman sebagai berikut :

1. Baja bulat polos biasa (dengan daya pengikatan kurang lebih 20%) lebih rendah dari pada baja tulangan berigi.



Gambar 9.6. Baja Bulat Polos Biasa
(Sagel, dkk, 1994:100)

2. Baja ulir (baja beton defotm) terdiri dari batang baja bulat yang berigi dan dua atau tiga sisinya untuk menambah daya pengikat



Gambar 9.7. Baja Beton Deform
(Sagel, dkk, 1994:100)

3. Baja tor terdiri dari batang baja bulat yang dibentuk punggung uliran sepanjang kelilingnya



Gambar 9.8. Baja Tor
(Sagel, dkk, 1994:100)

Pada umumnya batang baja tulangan disediakan dengan garis tengahnya (d) menurut susunan metrik (0 baja bulat polos, * baja ulir) dalam mm (luas penampang dalam mm^2) sebagai berikut :

$\emptyset 6 \text{ mm}^0$ (28.3 mm^2); $\emptyset 8 \text{ mm}^0$ (50.3); $\emptyset 10 \text{ mm}^0$ (78.5); $\emptyset 12 \text{ mm}^0$ (113); $\emptyset 14 \text{ mm}^0$ (154); $\emptyset 16 \text{ mm}^0$ (201); $\emptyset 19 \text{ mm}^0$ (283); $\emptyset 22 \text{ mm}^0$ (380); $\emptyset 25 \text{ mm}^0$ (491); $\emptyset 28 \text{ mm}^0$ (616); $\emptyset 32 \text{ mm}^0$ (804).

Tabel 9.1 Sifat-Sifat Mekanis Baja Tulangan

Kelas	Simbol	Batas Ulur Min (N/mm ²)	Kuat Tarik Min (N/mm ²)	Diameter Lengkung Kaitan
Baja tulangan polos	BjTP 24	235	382	3 x d
	BjTP 30	294	480	4 x d
Baja tulangan sirip	BjTP 24	235	382	3 x d
	BjTP 30	294	480	4 x d
	BjTP 35	343	490	4-5 x d
	BjTP 40	392	559	5 x d
	BjTP 50	490	618	5-6 x d

Sumber : Frick dan Koesmartadi, 1999:117

Separtai yang akan diperiksa-satu pabrikasi, satu jenis dan diameter-harus diletakkan sedemikian hingga percobaan secara random (acak) dapat dilakukan. Pada batang-batang, jumlah percobaan/pengukuran tiap muatan dan tiap garis tengah yang harus dilakukan adalah : satu percobaan atau pengukura per 30 ton untuk $\phi \leq 20$ mm dan tiap 50 ton untuk $\phi > 20$ mm produksi tergilas, dengan minimal 3 percobaan atau pengukuran tiap muatan dan per garis tengah. Pada jaring tulangan berkampuh las titik, jumlah percobaan atau pengukuran tiap kombinasi garis tengah (dari batang memanjang dan melintang),paling sedikit satu percobaan atau pengukuran tiap 10 ton produksi selesai.

Percobaan yang dilakukan sedikitnya 15 batang (bila tidak sesuai) supaya hasil percobaan dan pengukuran bila percobaan dan pengukuran bila perlu dapat dikerjakan/dihitung secara statistik. Nilai yang didapat harus diperiksa menurut nilai-nilai yang dinormakan. Benda-benda uji dan jaring tulnangan yang di las bintik paling sedikit harus mempunyai satu bintik las. Batang melintangnya tidak boleh ditiadakan. Batang-batang baja beton :

1. Penyimpangan yang diizinkan untuk panjang batang

Tabel 9.2 Penyimpangan yang Diizinkan untuk Panjang Batang

Panjang	Toleransi
DI bawah 12 meter	Minus 0 mm Plus 40 mm
Mulai 12 meter ke atas	Minus 0 mm Plus 50 mm

Sumber : Sagel, dkk, 1993:101

2. Penyimpangan/toleransi yang diizinkan untuk massa teoritis per panjang

Tabel 9.3 Penyimpangan/Toleransi yang Diizinkan untuk Massa Teoritis per Panjang

Diameter (mm)	Toleransi (%)
Kurang dari 10 mm	$\pm 7 \%$
10 mm s/d 16 mm	$\pm 6 \%$
16 mm s/d 28 mm	$\pm 5 \%$
Dari 28 mm	$\pm 4 \%$

Sumber : Sagel, dkk, 1993:102

3. Penyimpangan yang diizinkan untuk berat teoritis seluruh partai

Tabel 9.4 Penyimpangan yang Diizinkan untuk Berat Teoritis Seluruh Partai

Diameter (mm)	Toleransi (%)
Kurang dari 10 mm	$\pm 6 \%$
10 mm s/d 16 mm	$\pm 5 \%$
16 mm s/d 28 mm	$\pm 4 \%$
Dari 28 mm	$\pm 3 \%$

Sumber : Sagel, dkk, 1993:102

4. Penyimpangan yang diizinkan dari diameter nominal

Tabel 9.5 Penyimpangan yang Diizinkan dari Diameter Nominal

Diameter (mm)	Toleransi (%)	Penyimpangan Kebundaran
Sampai dengan 14 mm	$\pm 0.4 \text{ mm}$	Maksimum 70 % dari batas toleransi
16 mm s/d 25 mm	$\pm 0.5 \text{ mm}$	
28 mm s/d 34 mm	$\pm 0.6 \text{ mm}$	
36 mm s/d 50 mm	$\pm 0.8 \text{ mm}$	

Sumber : Sagel, dkk, 1993:102

5. Keprofilan /deform

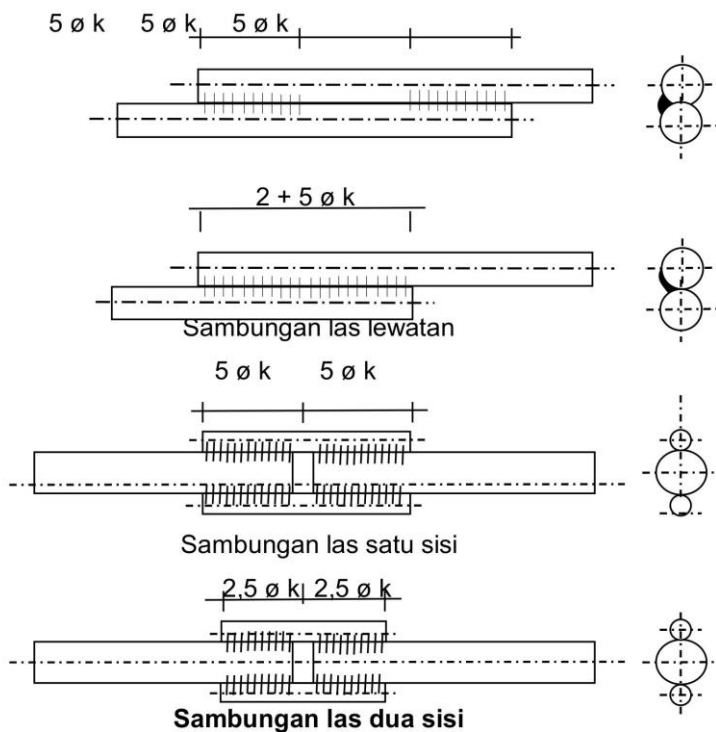
Rusuk melintang dari baja diform harus dipasang sedemikian hingga :

- Letaknya miring terhadap poros batang
- Mempunyai lintasan berbentuk sabit yang rata
- Tinggi rusuk $\geq 0.05 \varnothing$
- Jarak sumbu ke sumbu rusuk $\leq 0.7 \varnothing$
- Sudut antara rusuk dengan poros batang $\geq 45^{\circ}$

6. Uji tarik

Karena panjangnya batang baja tulangan terbatas maka sambungannya dalam arah memanjang dapat dilakukan dengan saling meliputi ujung batang yang diberi kaitan atau dengan sambungan las.

Sambungan biasa untuk batang ujung baja tulangan yang saling meliputi diberi kaitan sepanjang > 20 cm. Sedangkan sambungan memanjang yang dilas satu sisi harus sepanjang $> 10d + 2$ cm dan dua sisi harus sepanjang $> 5d + 2$ cm.



Gambar 9.9. Sambungan Las baja Tulangan
(Sagel dkk, 1994:137)

D. Tembaga

Bijih tembaga dapat dieksploitasi sebagai kerikil tembaga (CuFeS_2) atau sulfid tembaga (CuS) yang mengandung 0.5 - 0.8 % tembaga. Sesudah bijih tembaga digiling, dengan cara mengapung (floatation) konsentrasi dapat dinaikkan menjadi 20 – 30 %. Akan tetapi cara ini mencemari air dan lingkungan secara berkesinambungan. Kemudian dengan memanggang terdapat batu tembaga berkonsentrasi 30 – 50 % dan oleh reduksi (memasukkan udara ke dalam komvertor) terdapat tembaga mentah dengan kemurnian 97 – 99 %. Baru dengan penyaringan (*raffination*) dalam api atau secara elektrolitis dapat dicapai kemurnian 99.9 %. Tembaga dapat digilas, ditarik, ditekan dan disolder. Tembaga akan rusak oleh akibat korosi oleh aluminium besi, seng dan sebagainya. Dalam pembangunan tembaga terdapat dalam lembaran papak tembaga, pipa air minum atau kawat listrik dan penangkal petir.

1. Tembaga campuran

Sifat-sifat tembaga dapat dipengaruhi oleh logam-logam lain sehingga terdapat campuran tembaga sebagai berikut :

Tabel 9.6 Nama Dagang, Campuran dan Penggunaan Tembaga

Nama Dagang	Campuran	Penggunaan
Kuningan	Tembaga (Cu) 55 – 95% Seng (Zn) 5 – 45%	Perlengkapan pintu, jendela dan mebel
Perunggu	Tembaga (Cu) 80 – 98% Timah (Sn) 2 – 20%	Katup air, selongsong penghubung, soket
Kuningan merah	Tembaga (Cu), Seng (Zn), Timah (Sn)	Katup air dan sebagainya
Argentan	Tembaga (Cu), Nikel (Ni), Seng (Zn)	Alat perlengkapan pintu, jendela dan mebel

Sumber : Heinz Frick, 1999:121

E. Aluminium

Aluminium terbuat dari 66 % bauksit dan 33 % tanah liat (aluminium oksida dan pulau bintang) dengan proses elektrolisa dengan suhu 950°-970°C dibagi atas aluminium danoksigen. Dengan proses ini dibutuhkan 72.500 KWH daya listrik arus searah perton aluminium. Aluminium termasuk golongan logam ringan yang dapat dicor, digilas, ditarik, ditekan dan dilas. Aluminium akan rusak oleh kapur, gips, adukan semen dan beton. Oleh karena itu elemen konstruksi bangunan harus dilindungi pada tempat pembangunan. Aluminium selain profil untuk jendela dan sebagainya, banyak digunakan sebagai lembaran papak atau aluminium gelombang.

Tabel 9.7 Jenis dan Ukuran Aluminium

Tebal mm	Bobot/ m ²	Aluminium Lembaran Papak/Gel. Panjangnya (mm)	Aluminium Lembaran Papak Lebar nya (mm)	Aluminium Gelombang			
				Lebar Gel.	Tinggi Gel.	Lebar Total (mm)	Jumlah Gel.
1.2 1.0 0.8 0.7 0.5	3.2 kg 2.7 kg 2.2 kg 1.9 kg 1.4 kg	2000 atau 2400	1000 atau 1200	76 mm	18 mm	836	11

Sumber : Heinz Frick, 1999:121

1. Aluminium campuran

Sifat-sifat aluminium dapat dipengaruhi oleh logam-logam lain sehingga terdapat campuran aluminium sebagai berikut :

Tabel 9.8 Aluminium Campuran yang dapat Dicor

Nama Dagang	Campuran	Penggunaan
Antikorodal (Ac)	Aluminium (Al), Magnesium (Mg), Silisium (Si)	Alat perlengkapan pintu, jendela dan mebel
Silafont (Sf)	Aluminium (Al), Silisium (Si)	Permukaan pemasak pada kompor listrik
Alufont (Af)	Aluminium (Al), Tembaga (Cu), Titan (Ti)	Pembangunan kendaraan, kapal dan pesawat terbang

Sumber : Heinz Frick, 1999:121

Tabel 9.9 Aluminium Campuran yang dapat Digilas atau Ditarik

Nama Dagang	Campuran	Penggunaan
Aluman (Am)	Aluminium (Al), Mangan (Mn)	Aluminium lembaran
Peraluman (Pe)	Aluminium (Al), Magnesium (Mg),	Aluminium lembaran hiasan dengan anode oksidasi
Extrudal (Ed) Atau Antikorodal (Ac)	Aluminium (Al), Magnesium (Mg), Silisium (Si)	Aluminium lembaran hiasan dengan anode oksidasi
Avional (Av)	Aluminium (Al), Tembaga (Cu), Magnesium (Mg)	Pembangunan kendaraan, kapal dan pesawat terbang
Zinkaluminium (Zn)	Aluminium (Al), Seng (Zn)	Aluminium lembaran untuk penutup atap

Sumber : Heinz Frick, 1999:121

F. Rangka Atap Baja ringan

Truss atau Rangka atap baja ringan cocok dan dapat digunakan untuk rumah, ruko, sekolah dengan bentuk/ model atap seperti: Pelana, Prisma, Joglo, atap rumah adat Minang, dan lainnya. Selain itu, rangka atap baja ringan juga cocok dipadukan dengan penutup atap/genteng yang terbuat dari bahan metal (ringan), keramik, dan bahkan beton yang relatif berat.

Keunggulan menggunakan rangka atap baja ringan / truss :

1. Mudah didapat didaerah perkotaan besar bahkan saat ini sudah banyak juga penjualan material nya di kota kecil.
2. Konstruksi lebih ringan, tahan lebih lama serta biaya lebih murah dalam perawatannya.
3. Bebas dari hama pengganggu seperti rayap atau jamur.
4. Membutuhkan perhitungan secara cermat dan teliti untuk menentukan dimensi yang kuat efisien dengan biaya yang lebih murah.
5. Mudah dalam pemasangan karena sudah di fabrikasi oleh teknisi (tukang) yang berpengalaman sebelum dilakukan pemasangan juga dengan bentuk profil yang memang sudah disesuaikan dengan kebutuhan dilapangan.
6. Diperlukan tenaga kerja / tenisi dengan dengan keahlian khusus untuk dapat menghasilkan pemasangan struktur & konstruksi baja ringan yang benar dan hasil yang memuaskan



Gambar 9.10. Contoh Atap

Perbandingan rangka atap kayu, rangka atap baja ringan dan rangka atap baja berat/konvensional.

Rangka atap kayu borneo/meranti

1. Dengan semakin mahalnya kayu maka biaya awal rangka kayu berkisar Rp.145.000,-/m²
2. Pemasangan rangka atap kayu memerlukan waktu lebih lama dibanding baja ringan.
3. Material rangka atap kayu tidak tahan rayap / kumbang
4. Tidak bisa untuk bentang yang besar, untuk bentang besar disarankan pakai baja berat.
5. Beban struktur atau berat sendiri lebih berat dibanding baja ringan/tingkat sedang
6. materail rangka atap kayu memerlukan perawatan dalam jangka waktu tertentu
7. Untuk keperluan ramah lingkungan kurang mendukung sebab penebangan hutan bisa merusak lingkungan
8. Pada umur yang sama kira-kira 15 tahun jadi lebih mahal sebab ada biaya perawatan penggantian sebagian material

kayu, sehingga biaya atap kayu menjadi dua kali biaya awal.

Rangka atap baja ringan

1. Biaya terpasang atap baja ringan termasuk kelas menengah mulai Rp.120.000,-/m²
2. Harga rangka atap Baja ringan mulai dari 110.000 sd 180.000,-
3. Pemasangan rangka atap baja ringan sangat cepat dibandingkan material atap yang lain
4. pemakaian material baja ringan tahan terhadap rayap/kumbang
5. pemakaian material baja ringan dapat sampai dengan bentang bebas bisa sampai 16 m'
6. Beban struktur baja ringan lebih ringan jadi untuk beban struktur dibawahnya dapat lebih hemat
7. Material rangka atap baja ringan Tidak perlu perawatan sebab baja ringan sudah tahan karat
8. Lebih ramah lingkungan sebab bahan baku baja ringan tidak merusak hutan
9. Pada umur kira-kira 15 tahun atap baja ringan dibanding kayu jadi lebih murah sebab tidak ada penggantian rangka atap

Rangka atap baja berat/konvensional

1. Biaya terpasang rangka atap baja berat atau baja konvensional paling mahal dibandingkan dengan rangka atap yang lain
2. pemakaian material atap baja konvensional atau baja berat tahan rayap / kumbang tapi memerlukan perawatan rutin agar tidak korosi
3. Bentang bebas dapat sampai jarak yang lebih jauh. Untuk konstruksi pabrik lebih cocok dipakai rangka atap ini.
4. Beban struktur dari rangka atap baja berat lebih berat dibandingkan dengan rangka atap yang lain
5. Perlu perawatan sebab baja ini bisa timbul karat, jangka waktu tertentu diperlukan pengecatan ulang agar tidak terjadi karat

- 6. Bahan baku baja berat berasal dari biji besi jadi tidak merusak hutan
- 7. Sampai umur 15 tahun bahan baku atap baja konvensional ini tetap paling mahal dibandingkan dengan bahan atap kayu ataupun atap baja ringan

Cahayasteel® / C-Steel® - Baja Ringan Serba Guna, Profil baja ringan yang dapat diaplikasikan untuk berbagai kebutuhan seperti rangka plafond, rangka partisi serta berbagai aplikasi lainnya yang menggunakan profil C chanell. Dijual batangan tanpa sistem.



CAHAYASTEEL® adalah baja ringan serbaguna. Aplikasi **CAHAYASTEEL®** sebagai rangka atap harus dilakukan dengan tata cara perhitungan dan pemasangan yang benar. Kegagalan akibat kesalahan perhitungan dan cara pemasangan diluar tanggung jawab **PT. CAHAYA BENTENG MAS**.



SPESIFIKASI PRODUK		
C-STEEL		
	RENG	PROFILE C
BAHAN	BAJA HI-TEN G550	BAJA HI-TEN G550
	TANGGUH atau setara	TANGGUH atau setara
TEBAL	0,45 mm (TCT) - 0,50 mm (TCT)	0,65 mm (TCT) - 1 mm (TCT)
PANJANG	6 m	6 m
DIMENSI	48.28, 58.30, 75.45(Tinggi.Lebar)	75.45, 75.35, 65.26 (Tinggi.Lebar)

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 NI-2*. Bandung: LPMB. Departemen Pekerjaan Umum.
- (1982). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*. Direktorat Pendidikan Masalah Bangunan. Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1973. *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia*. Jakarta. Dep. PUTL.
- Anonim. 1987. *Spesifikasi Kayu Awet untuk Perumahan dan Gedung*. Jakarta. Dep. PU.
- Astanto, Triono Budi. (2001). *Konstruksi Beton Bertulang*. Kanisius. Yogyakarta.
- Duljapar, Khaeruddin. 1996. *Pengawetan Kayu*. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.
- Heinz Frick dan Bambang Suskiyanto. 1997. *Dasar-dasar Eko Arsitektur*. Yogyakarta. Kanisius.
- Heinz Frick dan Ch. Koesmartadi. 1999. *Ilmu Bahan Bangunan*. Yogyakarta. Kanisius.
- JB. Janto. 1979. *Pengetahuan Sifat-sifat Kayu*. Yogyakarta. Kanisius.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M. (1999). *Bahan dan Praktek Beton*. Cetakan Ketiga. Erlangga. Jakarta.
- Neville. A.M. (1981). *Properties of Concrete*, Third Edition. A Pitman International Text.

- Sagel, R. Dkk. (1994). *Pedoman Pengerjaan Beton*, Erlangga. Jakarta.
- Taiji, Saji. (1984). *Building Material (Kenchiku Saryo)*. Korona. Tokyo.
- Winter, george, dan Arthur H. Nilson. (1993). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang.*, Terjemahan ITB. Pradya Paramita, Jakarta.
- Yunaefi, dkk. (1996). *Petunjuk Praktikum Bahan Bangunan 1*. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik. Bandung.